LE

BASI DELLA VITA

HERBERT SPENCER

LE BASI DELLA VITA

PRIMA EDIZIONE ITALIANA

PER CURA DEL

Dott. GUGLIELMO SALVADORI

RISTAMPA

TORINO

FRATELLI BOCCA, EDITORI

1922

PREFAZIONE

ALL'EDIZIONE RIVEDUTA E CORRETTA

Il progresso scientifico, rapido in tutte le direzioni, è stato durante l'ultima generazione più rapido nel campo della Biologia che in qualunque altro; e se quest'opera avesse trattato della Biologia in generale, non si sarebbe potuto razionalmente nutrire la speranza di porla in accordo con gli ultimi risultati raggiunti. Ma è un'opera su i Principii della Biologia: e il portare una esposizione di questi all'altezza dei tempi, sembrava non impossibile con quel poco avanzo di energia che mi è rimasto. Lentamente e in mezzo alle interruzioni, spesso causate dalla malferma salute, io ò condotto a termine nel corso degli ultimi due anni questo volume dell'edizione finale.

Numerose aggiunte si sono mostrate necessarie. Quello che originariamente vi si diceva intorno ai cambiamenti vitali della materia à avuto per supplemento un capitolo sul « Metabolismo ». Sotto il titolo « L'elemento Dinamico nella Vita », io ò aggiunto un capitolo che rende meno inadeguato il concetto della vita precedentemente espresso. Una lacuna nelle condizioni anteriori, che avrebbe dovuto essere occupata da alcune pagine su la « Struttura », è ora colmata. Quelle azioni sorprendenti nei nuclei delle cellule, che il microscopio à di recente rivelato, si troveranno brevemente espresse sotto il capo « Vita e Moltiplicazione delle Cellule ». Ulteriori prove e ulteriore riflessione ànno dato origine a un capitolo supplementare concernente « La Genesi, l'Eredità e la Variazione »; in cui certe opinioni enunciate nella prima edizione sono modificate e svolte. Minori incrementi ànno preso la forma di nuove sezioni

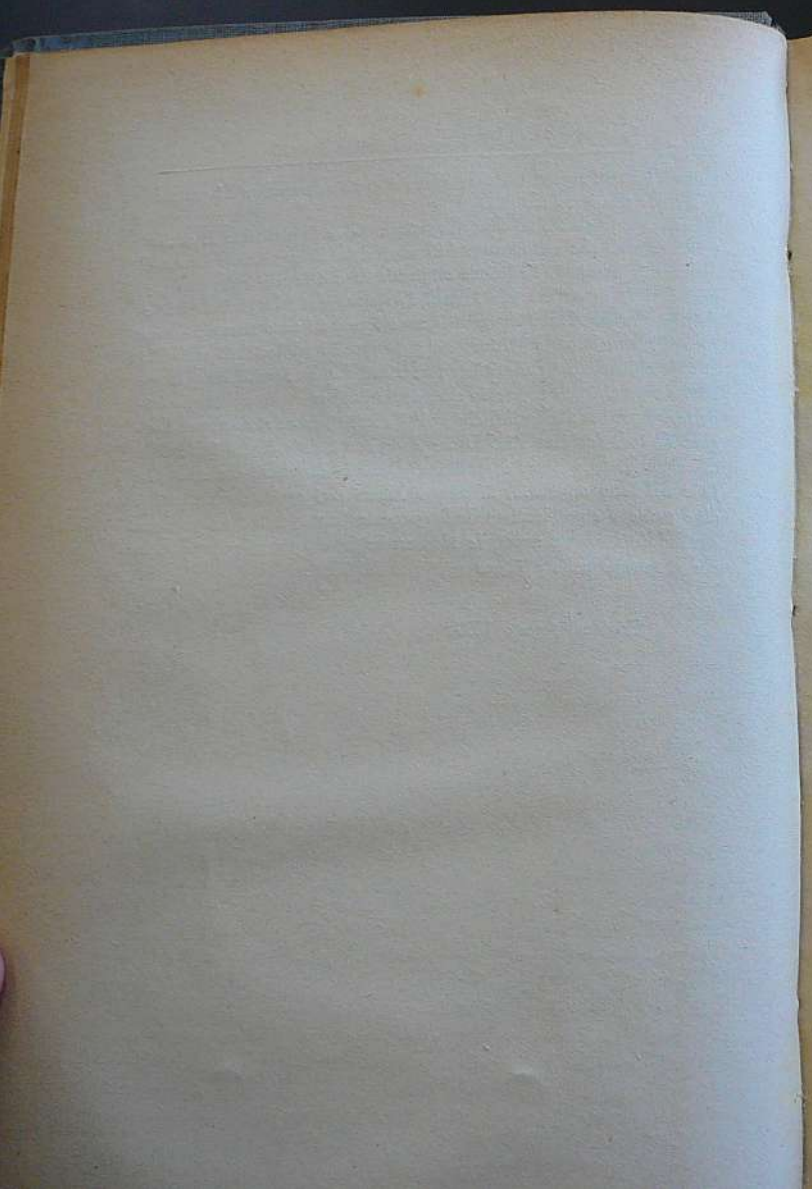
incorporate nei capitoli preesistenti. Essi sono contraddistinti dalle seguenti indicazioni: § 8 a, § 46 a, § 87 a, § 100 a. Vi sarebbe anche da menzionare un certo numero di note a piè di pagina di qualche importanza, non presenti nelle edizioni anteriori.

Dopo questi cambiamenti principali si devono ora ricordare i cambiamenti resi necessari dalla revisione. Nel farli è stata necessaria l'assistenza altrui. Se bene molti de gli emendamenti sono il risultato di ulteriori riflessioni e indagini, un numero assai più grande è da attribuire a critiche ricevute da signori il cui ajuto io sono stato abbastanza fortunato da ottenere: ciascuno di essi avendo preso una divisione che cade entro i limiti de' suoi studii speciali. La parte che concerne la Chimica Organica e gli argomenti derivati è stata letta dal Sig. W. H. Perkin, Ph. D., S. R. S., Professore di Chimica Organica, Owens College, Manchester. La Morfologia e la Fisiologia Vegetale è stata rivista dal Sig. A. C. Tansley, M. A., F. L. S., Professore assistente di Botanica, University College, Londra. Delle critiche su parti riguardanti la Morfologia Animale, io vado debitore al Sig. E. W. MacBride, M. A., Membro del St. John's College, Cambridge, Professore di Zoologia nella McGill University, Montreal, e al Sig. J. T. Cunningham, M. A., già Membro dell'University College, Oxford. E le asserzioni che rientrano nel campo della Fisiologia Animale sono state sottoposte al giudizio del Sig. W. B. Hardy, M. A., Membro del Gonville e Caius College, Cambridge, Sperimentatore di Fisiologia nella Università. Dove le scoperte fatte dopo il 1864 ànno reso necessario di cambiare il testo, o con omissioni o con modificazioni o in alcuni casi con aggiunte, questi Signori mi ànno fornito le notizie richieste.

Fuorchè nella parte preliminare, piena dei tecnicismi della Chimica Organica (incluse le pagine sul «Metabolismo»), io non ò sottoposto le bozze di stampa, sia dei nuovi capitoli sia dei capitoli riveduti, ai signori sopra menzionati. Da ciò mi sono astenuto in parte perchè ero riluttante dall'abusare del loro tempo in una misura maggiore di quella originariamente stabilita, e in parte perchè desideravo evitare complicazioni nel mio lavoro. Durante l'intervallo occupato nella preparazione di questo volume gli stampatori sono andati di pari passo con me, e io ò temuto di aggiungere all'attenzione richiesta l'ulteriore attenzione che corrispondenza e discussioni avrebbero assorbito; in quanto sentivo che era meglio correre il rischio di minori inaccuratezze anzichè lasciare il volume incompiuto: un evento che in un certo periodo apparve probabile. Io faccio questa dichiarazione perchè, se mancasse, l'uno o

l'altro di questi signori potrebbe essere ritenuto responsabile di qualche errore che non è suo ma mio.

È necessaria ancora un'altra spiegazione. Oltre l'esposizione di quelle verità generali che costituiscono i Principii della Biologia come sono comunemente accettati, l'edizione originaria di quest'opera conteneva parecchi modi di vedere per i quali l'opinione dei biologi non forniva autorità alcuna. Alcuni di questi ànno ottenuto un certo riconoscimento, sia nelle loro forme originarie, sia sotto forme modificate. È probabile che da ciò derivino erronee interpretazioni. Lettori i quali ànno incontrato questi modi di vedere in altre opere possono a mio svantaggio supporre, se non sono avvertiti, che io li ò accettati senza riconoscerne l'origine. Quindi dev'essere inteso che dove non è data alcuna indicazione in contrario, la sostanza è immutata. Oltre le correzioni che sono state fatte nel testo originario, vi sono in alcuni casi aggiunte consistenti in altre prove o amplificazioni dell'argomento; ma in tutti i paragrafi non contraddistinti come nuovi, le idee essenziali esposte sono le medesime che si trovano nella edizione originaria del 1864.

Brighton, Agosto 1898.

PREFAZIONE

Lo scopo di quest'opera è di esporre le verità generali della Biologia, in quanto dimostrano le leggi dell'evoluzione e in queste trovano la loro interpretazione: mentre le verità speciali vi sono introdotte solo nella misura necessaria per chiarire le verità generali.

Per l'ajuto avuto nell'eseguirla, io devo molti ringraziamenti al Prof. Huxley e al Dr. Hooker. Essi mi ànno fornito d'informazioni dove quelle che io possedevo erano deficienti (1); e, dando una scorsa alle bozze di stampa, ànno indicato errori in cui ero caduto nei particolari. Coll'avermi cortesemente reso questa preziosa assistenza, non si deve tuttavia ritenere ch'essi accettino senz'altro qualsiasi delle dottrine enunciate che non sono tra le verità riconosciute dalla Biologia.

La pubblicazione dei fascicoli successivi, che compongono questo volume, fu iniziata per i sottoscrittori nel Gennaio 1863.

Londra, 29 Settembre 1864.

---

(1) Gravi travisamenti di questa dichiarazione, che sono stati fatti di quando in quando, mi obbligano, assai contro la mia volontà, ad aggiungere qui una spiegazione di essa. L'ultima di queste false interpretazioni, pronunciata in una conferenza tenuta a Belfast dal Rev. Professor Watts, D. D., è riportata dal « Belfast Witness » del 18 Dicembre 1874; proprio mentre una terza impressione di quest'opera è in corso di stampa. Il resoconto comincia come segue: — « Il Dr. Watts, dopo aver mostrato che per sua propria confessione Spencer andava debitore per i suoi fatti a Huxley e Hooker, i quali, » ecc. ecc.

Desiderando in questo, come in altri casi, di riconoscere il mio debito quando ne sono consapevole, introdussi le parole a cui si accenna, in riconoscimento del fatto che io

avevo ripetutamente interrogato i distinti specialisti menzionati intorno ad argomenti al di là delle mie cognizioni, i quali non erano trattati nei libri a mia disposizione. Dimenticando le abitudini de gli avversari, e specialmente avversari teologi, non mi venne mai in mente l'idea che la mia espressione di ringraziamento a' miei amici per le avute « informazioni dove quelle ch'io possedevo erano deficienti », sarebbe stata trasformata nell'affermazione generale che io andavo ad essi debitore per i miei fatti.

Se il Prof. Watts avesse guardato alla prefazione al secondo volume (i due essendo stati separatamente pubblicati, come implicano le prefazioni), egli avrebbe visto una seconda espressione del mio debito di riconoscenza « per le loro critiche preziose, e per il disturbo ch'essi si son preso nel *riscontrare* le numerose affermazioni di fatto su cui procedono gli argomenti » — senza che si accenni ad altro debito di riconoscenza. Un rapido confronto dei due volumi rispetto all'accumulazione dei fatti ch'essi contengono, gli avrebbe mostrato come fosse giustificabile la sua interpretazione.

Senza dubbio il Rev. Professore fu indotto a fare questa affermazione dal desiderio di screditare l'opera ch'egli attaccava; e avendo un sì buon fine in vista, riteneva inutile essere minuzioso quanto ai mezzi. Nell'arte di trattare il linguaggio de gli avversari, il Dr. Watts potrebbe dar lezioni a Monsignor Capel e all'Arcivescovo Manning.

28 Dicembre 1874.

INDICE

PARTE I

I DATI DELLA BIOLOGIA

CAPITOLO I.

La materia organica.

§ **1.** Dei quattro elementi principali che, in varie combinazioni, formano i corpi viventi, tre sono gassosi sotto tutte le condizioni ordinarie e il quarto è un solido. L'ossigeno, l'idrogeno, e il nitrogeno o azoto sono gas i quali per molti anni resistettero a tutti i tentativi fatti per liquefarli, e il carbonio è un solido fuorchè forse alla temperatura estremamente elevata dell'arco elettrico. Soltanto mercè intense pressioni unite a perfrigerazioni estreme i tre gas sono stati ridotti alla forma liquida (1). Ciò è molto significativo. Quando ricordiamo come quelle ridistribuzioni della Materia e del Moto, che costituiscono l'Evoluzione, di struttura e di funzione, implicano movimenti nelle unità che sono ridistribuite; vedremo un significato probabile nel fatto che i corpi organici, i quali presentano i fenomeni dell'Evoluzione in sì alto grado, sono principalmente composti di unità ultime che ànno una mobilità estrema. Le proprietà delle sostanze, quantunque non appariscano al senso nella combinazione, non sono in realtà distrutte. Segue dalla persistenza della forza, che le proprietà di un composto sono *risultanti* delle proprietà de' suoi componenti — *risultanti* in cui le proprietà dei componenti sono separatamente in piena azione, quantunque mutuamente oscurate. Una delle proprietà dominanti di ciascuna sostanza è il suo grado di mobilità molecolare; e il suo grado di mobilità molecolare più o meno sensibilmente influisce sulla mobilità molecolare dei vari composti in cui essa entra. Quindi possiamo inferire che vi sia qualche relazione tra la forma gassosa di tre dei quattro principali elementi organici e la comparativa facilità mostrata dalle materie organiche

---

(1) In questo passo, come fu originariamente scritto (nel 1862), essi erano considerati come incondensabili; poichè, quantunque ridotti alla densità di liquidi, non erano stati liquefatti.

nel subire quei cambiamenti nella disposizione delle parti, che noi chiamiamo sviluppo, e quelle trasformazioni del moto che chiamiamo funzione.

Considerandoli chimicamente invece che fisicamente, è da notare che di questi quattro componenti principali della materia organica, tre ànno affinità le quali sono limitate nella loro estensione e basse nella loro intensità. L'idrogeno, è vero, si può combinare con un numero considerevole di altri elementi; ma l'energia chimica ch'esso mostra è mostrata appena entro i limiti delle temperature organiche. Del carbonio si può similmente dire ch'esso è totalmente inerte nei gradi ordinari di calore; che il numero di sostanze con cui esso si unisce non è grande; e che nella maggior parte dei casi la sua tendenza ad unirsi con quelle è soltanto debole. Da ultimo, questa indifferenza chimica è mostrata nel grado più alto dal nitrogeno — un elemento il quale, come in seguito vedremo, rappresenta la parte prevalente nei cambiamenti organici.

Tra gli elementi organici (includendo sotto questo titolo non solo i quattro principali, ma anche i rimanenti meno cospicui) quella capacità di assumere stati differenti detta allotropismo è frequente. Il carbonio si presenta nelle tre condizioni dissimili di diamante, grafite e carbone. Sotto certe circostanze, l'ossigeno assume la forma in cui esso è chiamato ozono. Lo zolfo e il fosforo (ambedue, in piccole proporzioni, costituenti essenziali della materia organica) ànno modificazioni allotropiche. Il silicio, pure, è allotropico; mentre il suo ossido, il silicato, che è un elemento indispensabile di molti organismi inferiori, offre il fatto analogo all'allotropismo — l'isomerismo. Poichè nessun'altra interpretazione è possibile, noi siamo costretti a considerare il cambiamento allotropico come un qualche cambiamento di disposizione molecolare. Quindi tale frequenza del suo verificarsi tra i componenti della materia organica è significativa, in quanto implica un'ulteriore specie di mobilità molecolare.

Un altro fatto ancora, che è qui di grande interesse per noi, dev'essere notato. Questi quattro elementi, di cui gli organismi sono quasi interamente composti, offrono certe dissomiglianze estreme. Mentre tra due di essi abbiamo un contrasto insuperato nell'attività chimica; tra uno di essi e gli altri tre abbiamo un contrasto insuperato nella mobilità molecolare. Mentre il carbonio, che fino a un'epoca recente si supponeva inatto ad essere fuso e ora si volatilizza soltanto nell'arco elettrico, ci mostra un grado di coesione atomica maggiore di quella di

qualunque altro elemento conosciuto, l'idrogeno, l'ossigeno e il nitrogeno mostrano la minima coesione atomica di tutti gli elementi. E mentre l'ossigeno manifesta, del pari nella estensione e nella intensità delle sue affinità, una energia chimica che eccede quella di qualsiasi altra sostanza (a meno che non si consideri la fluorina come un'eccezione), il nitrogeno manifesta la più grande inattività chimica. Ora richiamando alla mente una delle verità generali, a cui si giunse analizzando il processo di Evoluzione, si vedrà il significato probabile di questa doppia differenza. Fu mostrato (*Primi Principii*, § 163) che, a parità di altre condizioni, unità dissimili sono più facilmente separate da forze incidenti che non lo siano unità simili — che una forza incidente cadendo sopra unità, le quali sono solo poco dissomiglianti, non le segrega prontamente; ma che essa prontamente le segrega se sono ampiamente diverse. Così le sostanze che presentano questi due contrasti estremi: l'uno nella mobilità fisica, e l'altro nell'attività chimica, adempiono, nel più alto grado, una certa ulteriore condizione che agevola la differenziazione e l'integrazione.

§ **2.** Tra le combinazioni diatomiche dei tre elementi, idrogeno, nitrogeno e ossigeno, troviamo una mobilità molecolare assai minore di quella di questi elementi stessi; allo stesso tempo che essa è assai maggiore di quella dei composti diatomici in generale. Dei due prodotti formati dall'unione dell'ossigeno col carbonio, il primo, detto ossido di carbonio, che contiene un atomo (1) di carbonio e uno di ossigeno (espresso dal simbolo CO), è un gas condensabile soltanto con grande difficoltà; e il secondo, l'acido carbonico, contenente un atomo addizionale di ossigeno (CO_2), assume altresì una forma liquida soltanto sotto una pressione di circa quaranta atmosfere. I vari composti dell'ossigeno col nitrogeno ci offrono una gradazione istruttiva. L'ossido nitroso (N_2O) è un gas condensabile soltanto sotto una pressione di circa cinquanta atmosfere; l'ossido nitrico (NO) è un gas il quale, se bene sia stato liquefatto, non si condensa al di sotto di una pressione di 270 atmosfere a 46.4° F. (8°C); mentre la mobilità molecolare rimane la stessa in conseguenza del fatto che resta immutato il volume dei gas uniti. Il triossido di nitrogeno (N_2O_3) è gassoso alle temperature ordinarie, ma

(1) Qui e in seguito la parola « atomo » significa un'unità di qualche cosa che si classifica come un elemento, perchè fino ad ora non è stato da noi decomposto. Non si deve supporre che la parola significhi ciò che la sua derivazione implica. Con ogni probabilità non è un'unità semplice, ma un'unità composta.

si condensa in un liquido molto volatile allo zero di Fahrenheit; il tetrossido di nitrogeno (N_2O_4) è liquido alle temperature ordinarie e diventa solido allo zero di Fahrenheit; mentre il pentossido di nitrogeno (N_2O_5) può essere ottenuto in cristalli che si liquefanno a 85° e bollono a 113°. In questa serie noi vediamo, quantunque non con completa uniformità, una diminuzione di mobilità molecolare a misura che si aumenta il peso delle molecole composte. Gl'idro-carburi illustrano ancor meglio la stessa verità generale. Sarà sufficiente una serie di essi. Il gas delle paludi (CH_4) è gassoso fuorchè sotto grande pressione e a temperature assai basse. Il gas olificante (C_2H_4) e l'etano (C_2H_6) si possono prontamente liquefare mercè pressione. Il propano (C_3H_8) diventa liquido senza pressione allo zero di Fahrenheit. L'esano (C_5H_{12}) è un liquido che bolle a 160°. E i multipli successivamente più elevati, l'eptano (C_7H_{16}), l'octano (C_8H_{18}), e il nonano (C_9H_{20}) sono liquidi che bollono rispettivamente a 210°, 257° e 302°. Il pentadecano ($C_{15}H_{32}$) è un liquido che bolle a 270°, mentre la cera paraffina, che contiene i multipli ancor più elevati, è solida. Vi sono tre composti d'idrogeno che sono stati ottenuti in uno stato libero — l'ammoniaca (NH_3) è gassosa, ma si liquefà con la pressione, o col ridurre la sua temperatura a —40° F., e si solidifica a —112° F.; l'idrozina (NH_2-NH_2) è liquida alle temperature ordinarie, ma l'acido idrozoico (N_3H) è stato fino ad ora ottenuto soltanto nella forma di un gas altamente esplosivo. Nel cianogeno, che è composto di carbonio e di nitrogeno (CN_2), abbiamo un gas che diventa liquido a una pressione di quattro atmosfere e solido a —30° F. E nel paracianogeno, formato delle stesse proporzioni di questi elementi in multipli più elevati, abbiamo un solido che non si fonde o volatilizza alle temperature ordinarie. In fine nel membro più importante di questo gruppo, l'acqua (H_2O), abbiamo un composto di due gas difficilmente condensabili, che assume tanto lo stato fluido quanto il solido entro i limiti ordinari di temperatura; mentre la sua mobilità molecolare è ancora tale che le sue masse fluide o solide passan continuamente nella forma di vapore, quantunque non con grande rapidità fino a che la temperatura non sia elevata a 212° F.

Considerando chimicamente questi composti diatomici dei quattro principali elementi organici, è da notare ch'essi sono, in media, meno stabili dei composti diatomici in generale. L'acqua, l'ossido di carbonio, e l'acido carbonico sono, è vero, difficili a decomporre. Ma omettendo questi, la forza ordinaria di unione tra gli elementi delle sopra menzionate sostanze è bassa, considerando la semplicità di queste. Con

l'eccezione dell'acetilene e probabilmente del gas delle paludi, i vari idro-carburi non sono producibili mercè la diretta combinazione dei loro elementi; e gli elementi della maggior parte di essi sono facilmente separabili per mezzo del calore senza l'ajuto di alcuna affinità antagonistica. Il nitrogeno e l'idrogeno non si uniscono l'un con l'altro immediatamente, salvo sotto circostanze assai eccezionali; e l'ammoniaca che risulta dalla loro unione, quantunque resista al calore, cede alla scintilla elettrica. Il cianogeno è stabile: non potendosi risolvere ne' suoi componenti al di sotto di un vivo calor rosso. Assai meno stabili, tuttavia, sono parecchi degli ossidi di nitrogeno. L'ossido nitroso, è vero, non lascia staccare i suoi elementi al di sotto di un calor rosso; ma il tetrossido di nitrogeno non può esistere se si aggiunge ad esso dell'acqua; l'acido nitroso è decomposto dall'acqua; e l'acido nitrico non solo facilmente abbandona il suo ossigeno a molti metalli, ma quando è anidro, spontaneamente si decompone. Qui sarà bene di notare, in quanto à un certo peso per ciò che deve seguire, come questa speciale instabilità sia caratteristica della maggior parte dei composti azotati. In tutti i casi familiari d'improvvisa e violenta decomposizione, il cambiamento è dovuto alla presenza del nitrogeno. L'esplosione della polvere da fucile risulta dalla facilità con cui il nitrogeno contenuto nel nitrato di potassa cede l'ossigeno combinato con esso. L'esplosione del cotone fulminante, che altresì contiene nitrogeno, è un fenomeno sostanzialmente parallelo. I vari sali fulminanti sono tutti formati da l'unione con metalli di un certo acido azotato detto acido fulminico; il quale è così instabile che esso non può essere ottenuto in uno stato separato. L'attitudine a esplodere è una proprietà della nitro-mannite, e altresì della nitro-glicerina. Lo jodato di nitrogeno produce una detonazione al più lieve contatto, e spesso senza alcuna causa assegnabile. E i corpi che esplodono con la più tremenda violenza di quanti si conoscono, sono il cloruro di nitrogeno (NCl_3) e l'acido idrozoico (N_3H). Così queste facili e rapide decomposizioni, dovute alla indifferenza chimica del nitrogeno, sono caratteristiche. Quando veniamo in seguito a osservare la parte che il nitrogeno rappresenta nelle azioni organiche, vedremo l'importanza di questa estrema facilità che i composti mostrano nel subire cambiamenti. Lasciando questi fatti introdotti come tra parentesi, abbiamo poi da notare, che quantunque tra i composti diatomici dei quattro principali elementi organici, ve ne sono alcuni attivi, pure la maggior parte di essi manifesta un minor grado di energia chimica che la media dei composti diatomici. L'acqua è il più neutrale dei corpi: produce

per solito una piccola alterazione chimica nelle sostanze con cui si combina; e con un calore moderato è espulsa dalla maggior parte delle sue combinazioni. L'acido carbonico è un acido relativamente debole: essendo i carbonati decomposti dalla maggior parte degli altri acidi e dall'accensione. I vari idro-carburi sono alquanto limitati nella estensione delle loro affinità comparativamente deboli. I composti formati dall'ammoniaca non ànno molta stabilità: essi sono facilmente distrutti dal calore, e dagli altri alcali. Le affinità del cianogeno sono abbastanza forti, benchè esse cedano a quelle degli acidi principali. Dei diversi ossidi di nitrogeno, è da notare che, mentre quelli contenenti le minori proporzioni di ossigeno sono chimicamente inerti, quello che contiene la più grande proporzione di ossigeno (l'acido nitrico), benchè chimicamente attivo, in conseguenza della facilità con cui una parte di esso cede il suo ossigeno per ossidare una base con la quale si combina il rimanente, è non di meno tolto da tutte le combinazioni mercè un calor rosso.

Questi composti diatomici, al pari dei loro elementi, sono in un grado considerevole caratterizzati dalla prevalenza tra essi dell'allotropismo; o, com'esso dicesi più comunemente quand'è manifestato da corpi composti — isomerismo. Il professor Graham trova ragione per credere che un cambiamento nelle disposizioni atomiche di questa natura à luogo nell'acqua al punto o vicino al punto di scioglimento del ghiaccio. Nelle varie serie d'idro-carburi, che differiscono l'uno dall'altro soltanto nei rapporti in cui gli elementi sono uniti, troviamo non semplicemente l'isomerismo ma il polimerismo, che si verifica in una misura quasi infinita. In alcune serie d'idro-carburi, come per esempio la terpina, troviamo l'isomerismo e allo stesso tempo una grande tendenza a subire il processo di polimerizzazione. E la relazione tra il cianogeno e il paracianogeno è, come vedemmo, una relazione polimerica.

V'è un altro fatto concernente questi composti diatomici dei principali elementi organici, che non dev'essere trascurato. Quelli tra essi che formano parti dei tessuti viventi delle piante e degli animali (escludendo l'acqua che à una funzione meccanica, e l'acido carbonico che è un prodotto della decomposizione) appartengono per la maggior parte ad un gruppo — gl'idro-carburi (1). E di questo gruppo, che in media

(1) Nell'ultima edizione inglese si legge qui *carbo-hydrates* (idrati di carbonio), mentre nelle precedenti si leggeva *hydro-carbons* (idro-carburi); e ò tradotto appunto idro-carburi, perchè di questi composti diatomici, che sono i composti fondamentali della Chimica Organica, si tratta in questo paragrafo e non de gli idrati di carbonio, corpi triatomici affatto diversi da quelli, aventi la formola $C_x (H_2O)_y$. (*Nota del traduttore.*)

è caratterizzato da una comparativa instabilità ed inerzia, quei composti che si trovano nei tessuti viventi sono tra i più instabili ed inerti.

§ **3.** Passando ora alle sostanze che contengono tre di questi principali elementi organici, abbiamo prima da notare che insieme col maggior peso atomico che per lo più accompagna la loro accresciuta complessità, v'à, in media, una ulteriore spiccata diminuzione di mobilità molecolare. Pochissime appena tra esse conservano uno stato gassoso alle temperature ordinarie. Una classe di esse soltanto, gli alcool e i loro derivati, evaporano sotto la solita pressione atmosferica; ma non rapidamente, a meno che non siano riscaldati. Gli olii fissi, benchè essi mostrino quella mobilità molecolare che è presupposta da uno stato abitualmente liquido, la mostrano in un grado minore dei composti alcoolici; ed essi non possono essere ridotti allo stato gassoso senza decomposizione. Nei loro affini, i grassi, che sono solidi fuorchè nel riscaldamento, la perdita della mobilità molecolare è ancor più notevole. E in tutta l'intera serie degli acidi grassi, in cui a una proporzione fissa di ossigeno sono successivamente aggiunti equimultipli più elevati di carbonio e d'idrogeno, vediamo come la mobilità molecolare diminuisce coll'aumento di grossezza delle molecole. Nel gruppo dei composti di amido e di zucchero, la solidità è lo stato abituale: quelli tra essi che possono assumere la forma liquida, l'assumono soltanto quando siano riscaldati a 300° o 400° F.; e quando siano ulteriormente riscaldati, si decompongono piuttosto che diventar gassosi. Le resine e le gomme offrono proprietà fisiche generali di simile carattere e significato.

Nella stabilità chimica questi composti triatomici, considerati come un gruppo, sono in un grado notevole al di sotto di quelli diatomici. I vari zuccheri e i corpi affini si decompongono a temperature non molto elevate. Gli olii e i grassi altresì sono facilmente carbonizzati dal calore. Le sostanze resinose e gommose si possono agevolmente costringere a cedere alcuni dei loro componenti. E gli alcool, con i loro affini, non ànno punto grande potere di resistere alla decomposizione. Questi corpi, formati dall'unione dell'ossigeno, dell'idrogeno e del carbonio, sono altresì, come una classe, chimicamente inattivi. L'acido formico e l'acetico sono senza dubbio acidi energici; ma i membri più elevati della serie degli acidi grassi sono facilmente separati dalle basi, con cui si combinano. L'acido saccarico, pure, è un acido di considerevole potenza; e parecchi degli acidi vegetali possiedono una certa attività, quantunque un'attività assai minore di quella de gli acidi minerali. Ma

in tutto il resto del gruppo, si mostra una ben piccola tendenza a combinarsi con altri corpi; e quelle combinazioni che si formano ànno per solito poca permanenza.

I fenomeni dell'isomerismo e del polimerismo si verificano di frequente in questi composti triatomici. L'amido e la destrina sono probabilmente polimerici. Lo zucchero delle frutta e lo zucchero dell'uva, la mannite e la sorbite, lo zucchero di canna e lo zucchero del latte, sono isomerici. Parecchi degli acidi vegetali offrono modificazioni simili. E tra le resine e le gomme, con i loro derivati, le ridisposizioni molecolari di questa specie non sono rare.

Rispetto a questi composti di carbonio, ossigeno e idrogeno, un altro fatto si dovrebbe menzionare; cioè ch'essi sono divisibili in due classi — l'una consistente di sostanze le quali risultano dalla decomposizione distruttiva della materia organica, e l'altra consistente di sostanze che esistono come tali nella materia organica. Queste due classi di sostanze offrono, in gradi differenti, le proprietà a cui abbiamo diretto fin qui la nostra attenzione. Gli alcool inferiori, i loro affini e derivati, che possiedono maggior mobilità molecolare e stabilità chimica del resto di questi composti triatomici, si trovano raramente nei corpi animali o vegetali. Invece gli zuccheri e le sostanze amilacee, gli olii fissi e i grassi, le gomme e le resine, che ànno tutti assai minore mobilità molecolare e sono, chimicamente considerati, più instabili e inetri, entrano nella composizione dei tessuti viventi delle piante e degli animali.

§ **4.** Fra i composti che contengono tutti e quattro i principali elementi organici, si può fare una divisione analoga a quella or ora menzionata. Ve ne sono alcuni che risultano dalla decomposizione dei tessuti viventi; ve ne sono altri che formano parti dei tessuti viventi nel loro stato d'integrità; e questi due gruppi presentano un contrasto nelle loro proprietà nello stesso modo che lo presentano i gruppi paralleli dei composti triatomici.

Della prima divisione, certi prodotti trovati nelle escrezioni animali sono i più importanti, e gli unici che occorre notare: quelli, cioè, come l'urea, la creatina, la creatinina. Queste basi animali offrono una mobilità molecolare assai minore che la media delle sostanze di cui si trattò nell'ultima sezione: poichè sono solide alle temperature ordinarie, si fondono, dove la fusione è affatto possibile, a temperature superiori a quella dell'acqua bollente, e non ànno alcun potere di assumere uno stato gassoso. Chimicamente considerate, la loro stabilità è bassa, e la

loro attività ben piccola, in confronto con la stabilità e l'attività dei
composti più semplici.

Son, tuttavia, gli elementi azotati costitutivi dei tessuti viventi, che
più spiccatamente manifestano quelle caratteristiche di cui siamo andati
rintracciando lo sviluppo. L'albumina, la fibrina, la caseina, e i loro
affini, sono corpi nei quali quella mobilità molecolare, che presentano
tre dei loro componenti in un grado così alto, è ridotta a un minimo.
Queste sostanze sono conosciute soltanto nello stato solido. Ciò è a
dire, quando si sottrae l'acqua per solito mescolata con esse, esse non
sono suscettibili di fusione, molto meno di volatilizzazione. Al che si
aggiunga, ch'esse nè pure ànno quella mobilità molecolare cui implica la
soluzione nell'acqua; poichè quantunque formino con l'acqua misture
viscide, esse non si dissolvono nella stessa maniera perfetta come fanno
i composti inorganici. Le caratteristiche chimiche di queste sostanze
sono l'instabilità e l'inerzia spinte all'estremo. Quotidianamente si
vede con quanta rapidità si decompongono le materie albuminoidi nelle
condizioni ordinarie: per ogni donna di casa la difficoltà sta nell'impe-
dire ad esse di decomporsi. È vero che quando siano disseccate e tenute
via dal contatto con l'aria, si possono conservare inalterate per lunghi
periodi; ma il fatto che solo in questo modo possono essere conservate,
prova la loro grande instabilità. È vero, altresì, che questi principii
azotati i più complessi tra tutti non sono assolutamente inerti, poichè
entrano in combinazioni con alcune basi; ma le loro unioni sono assai
deboli.

A proposito di questi corpi si dovrebbe, pure, notare che quantunque
essi presentino nel minimo grado quella specie di mobilità molecolare
che implica facile vibrazione delle molecole considerate ciascuna come
un tutto, presentano in alti gradi quella specie di mobilità molecolare
risultante dall'isomerismo, la quale implica cambiamenti permanenti
nelle posizioni degli atomi adiacenti l'uno rispetto all'altro. Ciascuno
di essi à una forma solubile e una insolubile. In alcuni casi vi sono in-
dizi di più che queste due forme. E pare che le loro metamorfosi ab-
biano luogo sotto assai lievi mutamenti di condizioni.

In questi composti organici, che sono i più instabili e inerti, tro-
viamo che la complessità molecolare raggiunge un massimo: non solo
perchè i quattro principali elementi organici sono qui uniti con pic-
cole proporzioni di zolfo e qualche volta di fosforo; ma anche perchè
essi sono uniti in alti multipli. La peculiarità che trovammo esser ca-
ratteristica anche dei composti diatomici degli elementi organici, per

cui le loro molecole sono formate non di singoli equivalenti di ciascun componente, ma di due, tre, quattro e più equivalenti, è portata al massimo estremo in questi composti, che rappresentano la parte principale nelle azioni organiche. Secondo Lieberkühn, la formola dell'albumina è $C_{72}H_{112}SN_{18}O_{22}$. Ciò è a dire, con lo zolfo sono uniti settantadue atomi di carbonio, centododici d'idrogeno, diciotto di nitrogeno, e ventidue di ossigeno; così che la molecola è costituita di più che duecento atomi ultimi.

§ **5.** Se lo spazio lo permettesse, sarebbe utile considerare qui minutamente le interpretazioni che si possono dare delle peculiarità che abbiamo seguito fin qui: ricorrendo per la soluzione di esse ai generali principii meccanici che, come ora è noto, valgono tanto per le molecole quanto per le masse. Ma dev'essere sufficiente d'indicare brevemente le conclusioni che una tale indagine promette di dare.

Procedendo in base a questi principii, si può argomentare che la mobilità molecolare di una sostanza deve dipendere in parte da l'inerzia delle sue molecole; in parte dalla intensità delle loro polarità reciproche; in parte dalle loro mutue pressioni, in quanto sono determinate dalla densità della loro aggregazione; e (dove le molecole sono composte) in parte dalla mobilità molecolare delle loro molecole componenti. Donde è da inferire che rimanendo costanti tre qualunque di queste condizioni, la mobilità molecolare varierà con la quarta. A parità di altre condizioni perciò, la mobilità molecolare delle molecole deve diminuire coll'aumentare delle loro masse; e così deve risultare quella progressione che noi abbiamo tracciato, da l'alta mobilità molecolare degli elementi organici non combinati, alla bassa mobilità molecolare di quelle sostanze costituite da grosse molecole, nelle quali da ultimo essi si compongono.

Applicando alle molecole la legge meccanica che vale per le masse, che siccome l'inerzia e la gravità aumentano come i cubi delle dimensioni mentre la coesione aumenta come i quadrati di esse, la forza di autoconservazione di un corpo diventa relativamente minore a misura che si fa maggiore il suo volume; si potrebbe argomentare che queste grosse molecole aggregate, che costituiscono le sostanze organiche, sono meccanicamente deboli — sono meno atte delle molecole più semplici a sostenere, senza alterazione, le forze che cadono su di esse. Quella grossezza appunto, che le rende meno mobili, pone in grado le forze fisiche che agiscono su di esse di cambiare più facilmente la posizione

relativa dei loro atomi componenti; e di produrre così ciò che noi conosciamo col nome di trasposizioni e decomposizioni.

Sembra, inoltre, una conclusione non improbabile che questa formazione di grossi aggregati di atomi elementari, con la diminuzione che ne risulta della forza di autoconservazione, dev'essere accompagnata da un decrescimento di quei contrasti di dimensione a cui è da attribuire la polarità. Una sfera è la figura di equilibrio che qualsiasi aggregato di unità tende ad assumere sotto l'influenza della semplice attrazione reciproca. Dove il numero delle unità è piccolo e le loro polarità reciproche sono decise, questa proclività verso l'aggruppamento sferico sarà superata dalla tendenza verso qualche forma speciale, determinata dalle loro polarità reciproche. Ma è manifesto che a misura che una molecola complessa diventa più grande, gli effetti della semplice attrazione reciproca devono diventare relativamente maggiori; e così devono tendere a mascherare gli effetti dell'attrazione polare. Per conseguenza in molecole altamente composte come queste organiche, che consistono di centinaia di atomi elementari, tenderà a prodursi tale approssimazione alla forma sferica, quale deve risultare da una polarità meno distinta che nelle molecole più semplici. Se questa conclusione è corretta, essa ci offre una spiegazione tanto della inerzia chimica di queste sostanze organiche le più complesse tra tutte, quanto della loro incapacità di cristallizzare.

§ **6.** Qui siamo naturalmente introdotti a un altro aspetto del nostro argomento — un aspetto di grande interesse. Il professor Graham à pubblicato una serie d'importanti ricerche, che promettono di gettare molta luce sulla costituzione e i cambiamenti della materia organica. Egli dimostra che le sostanze solide esistono sotto due forme di aggregazione — la *colloide* o gelatinosa, e la *cristalloide* o cristallina. Gli esempi dell'ultima forma sono troppo familiari perchè vi sia bisogno di specificarli. Della prima se ne possono ricordare alcuni, come « l'acido silicico idrato, l'albumina idrata, ed altri perossidi di metallo della classe degli allumi, quando esistono nella forma solubile; con l'amido, la destrina e le gomme, il caramello, il tannino, l'albume, la gelatina, le materie estrattive vegetali e animali ». Descrivendo le proprietà dei colloidi, il professor Graham dice: — « Quantunque siano spesso in ampia misura solubili nell'acqua, essi sono tenuti in soluzione da una forza assai debole. Essi appariscono singolarmente inerti nella forma di acidi e basi, e in tutte le ordinarie relazioni chimiche ». ... « Quan-

tunque chimicamente inerti nel senso ordinario, i colloidi possiedono un'attività compensatrice loro propria, sorgente dalle loro proprietà fisiche. Mentre la rigidità della struttura cristallina esclude le impressioni esterne, la morbidezza del colloide gelatinoso à alcunchè di fluido, e pone in grado il colloide di diventare un mezzo di diffusione liquida, come l'acqua stessa ». ... « Quindi un'ampia sensibilità da parte dei colloidi agli agenti esterni. Un'altra ed eminentemente caratteristica qualità dei colloidi è la loro mutabilità ». ... « La soluzione dell'acido silicico idrato, per esempio, è facilmente ottenuta in uno stato di purezza, ma non può essere conservata. Può rimaner fluida per molti giorni o settimane in un tubo sigillato, ma è certo che da ultimo prende forma di gelatina e diventa insolubile. Nè il cambiamento di questo colloide sembra che si arresti a quel punto; poichè spesso si trova che le forme minerali dell'acido silicico, depositate dall'acqua, come la selce, sono passate, durante le epoche geologiche della loro esistenza, dalla condizione vitrea o colloidale nella condizione cristallina (H. Rose). Il colloide è, infatti, uno stato dinamico della materia, mentre il cristalloide è la condizione statica. Il colloide possiede *energia*. Può esser considerato come la sorgente prima della forza che appare nei fenomeni della vitalità. Al modo graduale in cui ànno luogo i cambiamenti colloidali (poichè essi richiedono sempre il tempo come un elemento) si può altresì attribuire il prolungamento caratteristico delle trasformazioni chimico-organiche ».

La classe dei colloidi include non solo tutti quei composti azotati più complessi che caratterizzano i tessuti organici, e alcuni degl'idrati di carbonio che si trovano insieme con essi; ma, il che è abbastanza significativo, include parecchie di quelle sostanze classificate come inorganiche, che entrano nelle strutture organizzate. Così la silice, che è un componente di molte piante, e costituisce gli aghi delle spugne come pure le conchiglie di molti foraminiferi e infusorii, à una condizione colloide, come anche una condizione cristalloide. Una soluzione di acido silicico idrato si trasforma nel corso di pochi giorni in una gelatina solida che non è più solubile nell'acqua; e può così essere improvvisamente coagulata per mezzo di una piccola porzione di qualche carbonato alcalino, come pure per mezzo della gelatina, dell'albumina, e del perossido di ferro. Anche quest'ultima sostanza — il perossido di ferro — che è un ingrediente nel sangue dei mammiferi e compone le conchiglie di certi protozoi, à una condizione colloide. « L'acqua che contiene in soluzione circa l'un per cento di perossido idrato di ferro, à il

color rosso oscuro del sangue venoso ». ... « La soluzione rossa è coagulata nel freddo da tracce di acido solforico, alcali, carbonati alcalini, solfati e sali neutri in generale ». ... « Il coagulo è una gelatina dal colore sosso profondo che rassomiglia al sangue disseccato, ma più trasparente. In vero, il coagulo di questo colloide è altamente suggestivo di quello del sangue, sia per i deboli agenti che bastano per effettuare il cambiamento in questione, sia per l'apparenza del prodotto ». La gelatina così formata presto diventa, al pari dell'ultima, insolubile nell'acqua. La calce altresì, che è un elemento minerale così importante nei corpi viventi, animali e vegetali, entra in un composto appartenente a questa classe. « La ben nota soluzione della calce nello zucchero forma un coagulo solido, quando sia riscaldata. Essa è probabilmente, ad un'alta temperatura, interamente colloidale ».

Generalizzando alcuni dei fatti ch'egli dà, il professor Graham dice: — « L'equivalente di un colloide sembra che sia sempre elevato, benchè il rapporto tra gli elementi della sostanza può esser semplice. L'acido gommico, per esempio, può essere rappresentato da $C_{12}H_{22}O_{11}$; ma, giudicando dalle piccole proporzioni di calce e di potassa che sono sufficienti per neutralizzare quest'acido, i veri numeri della sua formula devono essere parecchie volte più grandi. È difficile evitare di attribuire l'inerzia dei colloidi ai loro alti equivalenti, particolarmente dove il numero elevato sembra essere ottenuto con la ripetizione di un numero piccolo. Si offre la questione se la molecola colloide non possa essere costituita dall'aggruppamento di una certa quantità di molecole cristalloidi minori, e se la base dello stato colloidale non possa realmente essere questo carattere composto della molecola ».

§ **7.** Un ulteriore contrasto tra i colloidi e i cristalloidi è egualmente significativo nelle sue relazioni con i fenomeni vitali. Il professor Graham mostra che le spiccate differenze nella volatilità, offerte dai differenti corpi, sono eguagliate dalle differenze nella rapidità di diffusione dei differenti corpi attraverso i liquidi. Come l'atomo e l'etere alle temperature ordinarie, e varie altre sostanze a temperature più elevate, si diffondono in una forma gassosa attraverso l'aria; così una sostanza in soluzione acquosa, quando è posta a contatto con una massa d'acqua (in modo tale da evitare la mescolanza per effetto di correnti circolanti), si diffonde attraverso questa massa d'acqua. E appunto come vi sono vari gradi di rapidità nella evaporazione, così vi sono vari gradi di rapidità nella diffusione: « l'estensione altresì nel grado di

mobilità diffusiva offerta dalle differenti sostanze sembra che sia così ampia come la scala delle tensioni di vapore ». Questo parallelismo è quale si poteva prevedere; poichè la tendenza ad assumere uno stato gassoso, e la tendenza a diffondersi in soluzione attraverso un liquido, sono ambedue conseguenze della mobilità molecolare. Si trova altresì, com'era da aspettarsi, che la diffusibilità, al pari della volatilità, à, a parità di altre condizioni, una relazione col peso molecolare — a parità di altre condizioni, dobbiamo dire, perchè la mobilità molecolare deve, come fu mostrato nel § 5, subire l'influenza di altre proprietà degli atomi, oltre la loro inerzia. Così la sostanza più rapidamente diffusa tra tutte quelle su cui sperimentò il professor Graham, era l'acido idroclorico — un composto il quale à un basso peso molecolare, è gassoso fuorchè sotto una pressione di quaranta atmosfere, e ordinariamente esiste come un liquido, soltanto in combinazione con l'acqua. Ancora, « l'idrato di potassa si può dire che possieda doppia la velocità di diffusione del solfato di potassa, e il solfato di potassa ancora doppia la velocità dello zucchero, dell'alcool, e del solfato di magnesia », — differenze che ànno una corrispondenza generale con le differenze nella grossezza delle loro molecole.

Ma il fatto di principale interesse per noi qui, è che i cristalloidi dalle molecole relativamente piccole ànno un potere diffusivo immensamente maggiore dei colloidi costituiti da molecole relativamente grandi. Tra i cristalloidi stessi vi sono spiccate differenze di diffusibilità; e tra i colloidi stessi vi sono differenze parallele, benchè meno spiccate. Ma queste differenze sono piccole in confronto di quella che esiste tra la diffusibilità dei cristalloidi come una classe, e la diffusibilità dei colloidi come una classe. L'acido idroclorico è sette volte più diffusibile del solfato di magnesia; ma è cinquanta volte più diffusibile dell'albumina, e cento volte più diffusibile del caramello.

Queste differenze di diffusibilità si manifestano con quasi eguale chiarezza, quando un setto permeabile è collocato tra la soluzione e l'acqua. Il risultato è che quando una soluzione contiene sostanze di differente diffusibilità, il processo di dialisi, come lo chiama il professor Graham, diventa un mezzo per separare le sostanze mescolate: specialmente quando tali sostanze mescolate sono in parte cristalloidi e in parte colloidi. L'importanza di questo fatto per l'interpretazione dei processi organici sarà ovvia. Ancor più ovvia sarà la sua importanza, unendo ad esso il notevole fatto che mentre i cristalloidi si possono diffondere attraverso i colloidi quasi così rapidamente come attraverso

l'acqua, i colloidi non possono diffondersi quasi affatto attraverso altri colloidi. Da una massa di gelatina contenente del sale, in una massa vicina di gelatina non contenente sale, il sale si diffondeva in otto giorni maggiormente che non si diffondesse attraverso l'acqua in sette giorni: mentre la diffusione del « caramello attraverso la gelatina sembrava che avesse cominciato appena dopo che erano decorsi otto giorni ». Così che noi dobbiamo considerare i composti colloidali, di cui sono costruiti gli organismi, come aventi, per la loro natura fisica, l'attitudine a separare i colloidi dai cristalloidi, e a lasciar passare i cristalloidi attraverso di essi quasi senza resistenza alcuna.

Un altro risultato di queste indagini sulla relativa dissolubilità delle differenti sostanze è notevole per noi. Il prof. Graham trova che non solo à luogo, mediante la dialisi, una separazione delle sostanze mescolate che sono dissimili nella loro mobilità molecolare; ma altresì che le sostanze *combinate*, tra cui le affinità sono deboli, si separeranno sul dializzatore, se le loro mobilità molecolari offrono forti contrasti. Parlando dell'idroclorito di perossido di ferro, egli dice: « un tal composto possiede un elemento d'instabilità nella diffusibilità estremamente ineguale de' suoi costituenti »; ed egli mostra che quando è sottoposto a dialisi, l'acido idroclorico gradualmente se ne va in diffusione, lasciando indietro il perossido colloidale di ferro. Similmente, egli osserva rispetto al peracetato di ferro, ch'esso « può diventare una sorgente di perossido solubile, poichè il sale menzionato è esso stesso decomposto in larga misura mediante la diffusione sul dializzatore ». Ora questa tendenza a separarsi manifestata da sostanze che ampiamente differiscono nella loro mobilità molecolare, benchè per solito sia tanto contrastata dalle loro affinità da non produrre una decomposizione spontanea, deve in tutti i casi indurre una certa facilità di cambiamento che altrimenti non esisterebbe. Le mobilità disuguali degli atomi combinati devono dare alle forze perturbatrici un maggior potere di operare trasformazioni di quello che altrimenti possiederebbero. Di qui probabilmente l'importanza di un fatto menzionato all'inizio, che mentre tre dei principali elementi organici ànno la più grande mobilità atomica di qualunque elemento conosciuto, il quarto, il carbonio, possiede la minima mobilità atomica tra gli elementi conosciuti. Benchè ne' suoi composti semplici, le affinità del carbonio per gli altri elementi sono abbastanza forti per impedire agli effetti di questa grande differenza di mostrarsi chiaramente; pure sembra esservi ragione per credere che in quei composti complessi che costituiscono i corpi organici — composti in

cui vi sono varie affinità incrociantisi che conducono a uno stato di tensione chimica — questa estrema differenza nella mobilità delle molecole dev'essere un ajuto importante per i riordinamenti molecolari. In breve siamo qui condotti da prove concrete alla conclusione che noi già traemmo dai primi principii, che questa grande dissomiglianza tra le unità combinate deve facilitare le differenziazioni.

§ 8. Una porzione di materia organica in uno stato tale da offrire quei fenomeni, di cui si occupa il biologo, è tuttavia qualche cosa di ben più complesso delle materie organiche separate, che noi siamo andati studiando; poichè una porzione di materia organica nella sua integrità contiene parecchie di queste.

In primo luogo nessuno di quei colloidi, che costituiscono la massa di un corpo vivente, sembra capace di produrre da sè solo cambiamenti vitali: esso è sempre associato con altri colloidi. Una porzione di tessuto animale, per quanto minuta, quasi sempre contiene più di una forma di sostanza proteica: insieme vi sono presenti differenti modificazioni chimiche di albumina e di gelatina, come anche, probabilmente, una modificazione solubile e insolubile di ciascuna; e v'è per solito più o meno materia grassa. In una singola cellula vegetale, la minuta quantità di colloide azotato presente si trova inserita entro colloidi appartenenti alla classe dei corpi non azotati. E il microscopio rende subito manifesto, che anche le forme organiche più piccole e più semplici non sono assolutamente omogenee.

Inoltre abbiamo da considerare il tessuto organico, formato di colloidi mescolati tanto nello stato solubile quanto nello stato insolubile, come attraversato in ogni parte da cristalloidi. Alcuni di questi cristalloidi, come l'ossigeno, l'acqua, e forse certi sali, sono agenti di decomposizione; altri, come la saccarina e le materie grasse, sono probabilmente materiali per la decomposizione; e altri ancora, come l'acido carbonico, l'acqua, l'urea, la creatina, e la creatinina sono prodotti di decomposizione. Nella massa dei colloidi misti, insolubili per lo più e, quando sono solubili, aventi una mobilità molecolare o forza diffusiva assai bassa, vediamo costantemente passare cristalloidi di alta mobilità molecolare o forza diffusiva, che sono capaci di decomporre questi colloidi complessi, o di facilitare le decomposizioni altrimenti prodotte; e da questi colloidi complessi, quando son decomposti, risultano altri cristalloidi (i due principali estremamente semplici e mobili, e gli altri

comparativamente tali) che si diffondono con la stessa rapidità con la quale sono formati.

Ed ora possiamo chiaramente vedere la necessità di quella composizione particolare, che noi troviamo nella materia organica. Da un lato, se non fosse per la estrema mobilità molecolare posseduta da tre dei quattro suoi elementi principali; e se non fosse per la mobilità molecolare conseguentemente elevata dei loro composti più semplici; non vi potrebb'essere questa rapida eliminazione dei prodotti inutili dell'azione organica; e non vi potrebb'essere quel cambiamento continuamente attivo della materia, cui implica la vitalità. D'altro lato se non fosse per la unione di questi elementi estremamente mobili in composti immensamente complessi, aventi molecole relativamente ampie che sono rese comparativamente immobili per la loro inerzia, non potrebbe risultare quella fissità meccanica, che impedisce ai componenti del tessuto vivente di essere eliminati per diffusione insieme con le materie inservibili prodotte dalla decomposizione.

§ **8** *a*. Non dobbiamo qui omettere di notare i modi in cui la genesi di questi caratteri, che distinguono la materia organica, si conformi alle leggi di evoluzione come furono espresse nella loro formula generale.

In conformità dell'opinione ora ampiamente diffusa tra i chimici, che i così detti elementi non siano elementi, ma siano composti di materie semplici e probabilmente di una forma ultima di materia (per cui da Sir W. Crookes è stato suggerito il nome « protile »), è da concludere che la formazione degli elementi, in comune con la formazione di tutti quei composti di essi che la Natura presenta, ebbe luogo nel corso dell'Evoluzione Cosmica. Varie ragioni per questa conclusione il lettore troverà esposte nelle Aggiunte a un saggio su « L'Ipotesi Nebulare » (vedi *Essays*, vol. I, p. 155). Seguendo il processo di composizione e ricomposizione per cui, ipoteticamente, gli elementi stessi e in seguito i loro composti e i composti di questi sono sorti, certi fatti principali diventano manifesti.

1. Considerate come masse, le unità degli elementi sono le più piccole, benchè maggiori che le unità della materia primordiale. Dopo di queste, poichè di queste essi sono composti, e perchè non possono esistere a temperature così elevate come quelle a cui possono esistere gli elementi, vengono i composti diatomici — gli ossidi, i clorati, e gli altri — necessariamente più grandi nelle loro molecole.

Sopra a queste in grossezza vengono le molecole dei numerosi sali e corpi affini. Quando questi sono associati, come comunemente accade, con molecole di acqua, di nuovo risulta in ciascun caso un aumento di massa; e incapaci come sono di sopportare tali elevate temperature, queste molecole sono necessariamente posteriori in origine a quelle dei composti diatomici anidri. Entro la classe generale dei composti triatomici, più complessi ancora, vengono gli idrati di carbonio, i quali, essendo capaci di unirsi in multipli, formano molecole ancor più grandi che altri composti triatomici. Siccome si decompongono a temperature relativamente basse, questi sono ancor più recenti nel corso dell'evoluzione chimica; e con la genesi di essi è preparata la via per la genesi della materia organica propriamente detta. Questa include le varie forme della sostanza proteica, che contiene quattro elementi principali con due minori, e à molecole relativamente vaste. Queste, instabili come sono in presenza del calore e delle affinità circostanti, diventano possibili soltanto in una tarda fase nella genesi della Terra. Qui, dunque, in quella evoluzione chimica che precedette l'evoluzione della vita, vediamo manifestato quel processo di integrazione che è il carattere primario dell'evoluzione in genere.

2. Insieme con la crescente integrazione, vi è stato un progresso nella eterogeneità. Gli elementi, considerandoli come composti, sono singolarmente più eterogenei del «protile». Le molecole diatomiche sono più eterogenee di questi elementi; le triatomiche più eterogenee delle diatomiche; e le molecole contenenti quattro elementi più eterogenee di quelle che ne contengono tre: le più eterogenee tra esse sono quelle dei proteidi, che contengono due altri elementi. Le forme idrate di questi composti sono più eterogenee che non siano le forme anidre. E le più eterogenee tra tutte sono le molecole le quali, oltre a contenere tre o quattro o più elementi, presentano altresì l'isomerismo e il polimerismo che implicano unioni in multipli.

3. Questa formazione di molecole sempre più eterogenee, durante l'evoluzione terrestre, è stata accompagnata da una crescente eterogeneità nell'aggregato dei composti di ciascuna specie, come pure da un numero crescente di specie; e tale crescente eterogeneità è esemplificata in un grado estremo nei composti, non azotati e azotati, di cui sono costruiti gli organismi. Così che le classi, gli ordini, i generi, e le specie delle sostanze chimiche, gradatamente crescenti a misura che la Terra venne ad acquistare la sua forma presente, crebbero in un grado enorme durante quella fase che precedette l'origine della vita.

§ **9.** Lasciando ora queste osservazioni fatte in parte come tra parentesi, e riassumendo il contenuto delle pagine precedenti, abbiamo da osservare che nelle sostanze di cui sono composti gli organismi, le condizioni necessarie a quella ridistribuzione della Materia e del Moto, che costituisce l'Evoluzione, sono adempite in un grado assai più alto che non appaja da principio.

Le affinità reciproche dei principali elementi organici non sono attive entro i limiti di quelle temperature sotto cui ànno luogo le azioni organiche; e uno di questi elementi è specialmente caratterizzato dalla sua indifferenza chimica. I composti formati di questi elementi, nei gradi ascendenti di complessità, diventano progressivamente meno stabili. E quei composti più complessi in cui entrano tutti e quattro questi elementi, insieme con piccole proporzioni di due altri elementi capaci di essere ossidati assai facilmente, ànno una instabilità così grande che la decomposizione avviene sotto le ordinarie condizioni atmosferiche.

Tra questi elementi, di cui sono costruiti i corpi viventi, vi à una tendenza insolita a unirsi in multipli; e a formare così gruppi di prodotti che ànno gli stessi elementi chimici nelle medesime proporzioni, ma, differendo nei loro modi di aggregazione, possiedono proprietà differenti. Questa prevalenza tra essi dell'isomerismo e del polimerismo mostra, in un altro modo, l'attitudine speciale delle sostanze organiche a subire ridistribuzioni dei loro componenti.

In quei composti i più complessi tra tutti, che sono lo strumento delle azioni vitali, esiste una specie e un grado di mobilità molecolare che costituisce la qualità plastica che li rende atti all'organizzazione. Invece della estrema mobilità molecolare posseduta da tre dei quattro elementi organici nel loro stato di separazione — invece della diminuita, ma ancor grande, mobilità molecolare posseduta dalle loro combinazioni più semplici, i cui caratteri gassosi e liquidi le rendono disadatte a manifestare in qualsiasi misura il processo di Evoluzione — invece delle proprietà fisiche delle loro combinazioni meno semplici, le quali, quando non siano rese eccessivamente mobili dal calore, assumono la forma eccessivamente rigida di cristalli; abbiamo in questi colloidi, di cui sono principalmente composti gli organismi, appunto il compromesso richiesto tra fluidità e solidità. Essi non possono essere ridotti alle condizioni eccessivamente mobili di un liquido e di un gas; e pure essi non assumono la condizione eccessivamente fissa che caratterizza i solidi. La mancanza della facoltà di unirsi insieme in una disposizione polare, lascia le loro molecole con una certa libertà di movimento

relativo, che le rende sensibili a piccole forze, e produce plasticità negli aggregati composti di esse.

Mentre l'inerzia relativamente grande di queste grosse e complesse molecole organiche le rende comparativamente incapaci di essere poste in moto dalle ondulazioni eteree e ridotte così a forme meno coerenti di aggregazione, questa stessa inerzia facilita cambiamenti di disposizione tra le loro molecole costituenti o atomi; poichè, quanto meno moto imprime ad una massa una forza incidente, tanto meglio capace è essa d'imprimere moto alle parti della massa, in relazione l'una coll'altra. Ed è inoltre probabile che gli estremi contrasti di mobilità molecolare tra i componenti di queste molecole altamente complesse ajutino a produrre nell'ordinamento di essi una tendenza a modificarsi facilmente.

Da ultimo, la grande differenza di diffusibilità tra i colloidi e i cristalloidi rende possibile nei tessuti degli organismi una ridistribuzione specialmente rapida della materia e del moto; sia perchè i colloidi, essendo facilmente permeabili per opera dei cristalloidi, possono subire azioni chimiche in tutta la loro intera massa, invece che soltanto nella loro superficie; sia perchè i prodotti della decomposizione, essendo altresì cristalloidi, possono sfuggire tosto che sono prodotti: lasciando spazio per ulteriori trasformazioni. Così che mentre le molecole composte, di cui sono costruiti i tessuti organici, possiedono quella bassa mobilità molecolare che le rende atte a scopi plastici, risulta anche dalla estrema mobilità molecolare dei loro costituenti ultimi, che i prodotti inutili dell'attività vitale sfuggono non appena sono formati.

A tutto ciò si aggiunga che lo stato di riscaldamento, o di accresciuta vibrazione molecolare, in cui sono tenuti tutti i più elevati organismi, accresce quelle varie condizioni che rendono facile la ridistribuzione: non solo in quanto favorisce i cambiamenti chimici, ma in quanto accelera la diffusione delle sostanze cristalloidi.

CAPITOLO II.

Le azioni delle forze sulla Materia Organica.

§ **10.** Fino a un certo punto, le parti di ogni corpo sono cambiate nella loro disposizione da qualsiasi forza meccanica incidente. Ma nei corpi organici, e specialmente nei corpi animali, i cambiamenti di disposizione prodotti dalle forze meccaniche sono per solito notevoli. È un segno distintivo dei colloïdi ch'essi prontamente cedono a pressioni e tensioni, e che essi riacquistano, più o meno completamente, le loro forme originarie, quando le pressioni o tensioni cessano. Evidentemente senza questa cedevolezza ed elasticità, la maggior parte delle azioni organiche sarebbe impossibile. Alterazioni di forma non solo temporanee ma anche permanenti sono facilitate da questo carattere colloidale della materia organica. Una pressione continua sul tessuto vivente, col modificare i processi che avvengono in esso (ritardando forse l'assorbimento di nuovo materiale per sostituire l'antico, che si è decomposto e se ne è andato in diffusione), a grado a grado diminuisce e finalmente distrugge il suo potere di riassumere la conformazione ch'esso aveva da principio. Così generalmente parlando, le sostanze che compongono gli organismi sono modificabili mercè l'arresto di energia o la tensione continua, in gradi assai maggiori che non siano le sostanze inorganiche.

§ **11.** La sensibilità a certe forze che sono quasi meccaniche, se non meccaniche nel senso solito, si vede in due peculiarità strettamente connesse manifestate dalla materia organica, come pure da altra materia la quale assume il medesimo stato di aggregazione molecolare.

I colloidi prendono in virtù di una forza detta « affinità capillare » una grande quantità d'acqua; andando soggetti allo stesso tempo a un grosso aumento di volume con cambiamento di forma. Al contrario, con eguale facilità, essi cedono quest'acqua mercè l'evaporazione; riassumendo, in parte o in tutto, il loro stato originario. Sia che risultino dalla capillarità, o dalla diffusibilità relativamente grande dell'acqua, o da ambedue, questi cambiamenti devono essere qui notati in quanto mostrano un altro modo in cui le disposizioni delle parti nei corpi organici risentono l'influenza delle azioni meccaniche.

In ciò che si chiama osmosi, abbiamo un altro modo di una specie analoga. Quando dai lati opposti di un setto permeabile, e specialmente un setto di sostanza colloidale, si collocano soluzioni mescolabili di densità differente, à luogo un doppio trasferimento: una grossa quantità della soluzione meno densa si fa strada attraverso il setto nella soluzione più densa; e una piccola quantità della più densa si fa strada nella meno densa — e un risultato di ciò è un aumento considerevole nelle dimensioni della soluzione più densa a spese della meno densa. Questo processo, che sembra dipendere da varie condizioni, non è ancora pienamente compreso. Ma qualunque possa essere la spiegazione, il processo è tale che tende continuamente ad operare alterazioni nei corpi organici. Attraverso le superficie delle piante e degli animali, trasferimenti di questo genere ànno continuamente luogo. Molti dei notevoli cambiamenti di forma, subìti dai germi organici, sono dovuti principalmente al fatto che le loro membrane esterne sono attraversate dai liquidi circostanti.

Si dovrebbe aggiungere che oltre le alterazioni dirette che l'assorbimento e la trasmissione dell'acqua e delle soluzioni acquose mercè i colloidi produce sulla materia organica, essi producono alterazioni indirette. Siccome servono a trasportare nei tessuti gli agenti dello scambio chimico, essi ajutano a produrre altre ridistribuzioni.

§ **12.** Come fu altrove mostrato (*Primi Principii*, § 100), il calore, o uno stato elevato di vibrazione molecolare, pone in grado le forze incidenti di produrre più agevolmente mutazioni di disposizione molecolare nella materia organica. Ma oltre a ciò esso conduce a certi cambiamenti vitali in un modo così diretto da diventare la loro causa principale.

Il potere che ànno i colloìdi organici di imbevere acqua, e di portare insieme con essa nella loro sostanza i materiali che operano trasfor-

mazioni, non sarebbe continuamente efficace se l'acqua imbevuta dovesse rimanere. Egli è perchè essa sfugge, ed è sostituita da altra acqua che contiene altri materiali, che la successione dei cambiamenti è mantenuta. Tra gli animali più elevati e le piante più elevate la sua eliminazione è resa più facile dalla evaporazione. E la rapidità dell'evaporazione è, a parità di altre condizioni, determinata dal calore. Benchè la corrente del succo in una pianta sia in parte dipendente da qualche azione, probabilmente osmotica, che à luogo nelle radici, pure la perdita dell'acqua dalla superficie delle foglie, e il conseguente assorbimento di altro succo nelle foglie mediante l'attrazione capillare, deve essere una causa principale della circolazione. L'inchinarsi di una pianta quando è esposta alla luce del sole, mentre la terra intorno alle sue radici è asciutta, ci mostra come l'evaporazione vuota i canali del succo; e la rapidità con cui il ramoscello appassito rivive nell'essere posto in acqua, ci mostra la parte che l'azione capillare rappresenta. In quanto, dunque, l'evaporazione dalla superficie di una pianta ajuta a produrre correnti di succo attraverso la pianta, dobbiamo considerare il calore, che produce questa evaporazione, come una causa parziale di quelle ridistribuzioni della materia che queste correnti effettuano. Ne gli animali terrestri, il calore, con la sua azione indiretta così come con la sua azione diretta, similmente ajuta i cambiamenti che ànno luogo. L'esalazione del vapore dai polmoni e dalla superficie della pelle, che forma il modo principale di eliminazione dell'acqua che è ingojata, conduce al mantenimento di quelle correnti attraverso i tessuti, senza cui le funzioni cesserebbero. Poichè, quantunque il sistema vascolare distribuisca liquidi nutritivi in canali ramificati attraverso il corpo, pure l'assorbimento di questi liquidi nei tessuti in parte dipende dalla eliminazione dei liquidi che i tessuti già contengono. Quindi, nella misura in cui tale eliminazione è facilitata dalla evaporazione, e questa evaporazione è facilitata dal calore, il calore diventa un agente di ridistribuzione nell'organismo animale (1).

§ **13.** La luce, che, come ora è noto, modifica molti composti inorganici — la luce, che opera quei cambiamenti chimici utilizzati

---

(1) L'osservazione fatta da un critico all'effetto che in un mammifero la temperatura più alta diminuisce la rapidità del cambiamento molecolare nei tessuti, mi conduce ad aggiungere che l'esalazione da me addotta è impedita se il calore si eleva al di sopra dei limiti della variazione normale per un organismo; poichè, allora, le pulsazioni inso-

nella fotografia, cagiona le combinazioni di certi gas, altera le disposizioni molecolari di molti cristalli, e lascia tracce della sua azione anche sopra sostanze che sono estremamente stabili, — deve produrre, secondo ogni probabilità, effetti spiccati sopra sostanze così complesse e instabili come quelle che costituiscono i corpi organici. Essa produce tali effetti; e alcuni di essi sono tra i più importanti cui va soggetta la materia organica.

I cambiamenti molecolari operati dalla luce ne gli animali non sono che d'importanza secondaria. V'è l'oscuramento della pelle che tien dietro alla esposizione ai raggi del sole. Vi sono quelle alterazioni nella retina, che cagionano in noi alterazioni di colori. E su certi esseri senza organo visivo che sono semi-trasparenti, la luce che attraversa la loro sostanza produce alcuni effetti rivelati dai movimenti. Ma generalmente parlando, l'opacità de gli animali limita l'azione della luce alla loro superficie; e così rende ben piccola la sua influenza fisiologica diretta (1). Nelle piante, tuttavia, i raggi solari che producono in noi l'impressione di giallo, sono gli agenti immediati di quei cambiamenti molecolari mediante i quali si accumulano da un'ora all'altra i materiali per lo sviluppo ulteriore. Gli esperimenti ànno mostrato che quando il sole brilla sulle foglie viventi, esse cominciano ad esalare ossigeno e ad accumulare carbonio e idrogeno — risultati che si riferiscono alla decomposizione, mediante i raggi solari, dell'acido carbonico e dell'acqua assorbita. È ora una conclusione generalmente accettata che, coll'ajuto di certe classi di ondulazioni eteree che penetrano le loro foglie, le piante sono poste in grado di separare dall'ossigeno associato quei due elementi, di cui i loro tessuti sono principalmente formati.

---

litamente rapide, con conseguente inefficace propulsione del sangue, cagionano un allentamento nel grado di circolazione. Per produrre l'effetto accennato nel testo, il calore dev'essere associato con lo stato asciutto; poichè altrimenti l'evaporazione non è favorita. Prove generali che appoggiano l'affermazione da me posta sono fornite dal fatto che l'aria calda e asciutta dei deserti orientali è estremamente atta a rinvigorire; dal fatto che tutte le razze energiche e conquistatrici di uomini sono venute dalle regioni calde e asciutte, segnate sulla carta geografica come prive di pioggie; e dal fatto che i viaggiatori in Africa notano il contrasto tra gli abitanti delle regioni calde e asciutte (relativamente elevate) e quelli delle regioni calde e umide: rispettivamente attivi e inerti.

(1) L'aumento di respirazione, che si è trovato risultare dalla presenza della luce, è probabilmente un effetto *indiretto*. Con ogni verosimiglianza è dovuto al ricevimento di più vive impressioni attraverso gli occhi, e alla conseguente stimolazione nervosa. La luce viva è associata nella nostra esperienza con molte delle nostre più piacevoli ricreazioni all'aria aperta, e la sua presenza risveglia in parte la coscienza di esse, col concomitante elevamento delle funzioni vitali.

Questa trasformazione delle ondulazioni eteree in certi riordinamenti molecolari di specie instabile, distruggendosi i quali le forze immagazzinate sono liberate in nuove forme, è un processo che sta alla base di tutti i fenomeni organici. Sarà quindi bene se noi ci arrestiamo un momento a considerare se qualche interpretazione approssimativa di esso è possibile. Le indagini nella fisica molecolare ci dànno qualche indizio sulla sua natura.

Gli elementi del problema sono questi: — Gli atomi (1) di diverse materie ponderabili esistono in combinazione: quelli che sono combinati ànno forti affinità, ma ànno altresì affinità meno forti per alcuni de gli atomi circostanti che sono altrimenti combinati. Gli atomi così uniti, e così mescolati tra altri con cui essi sono capaci di unirsi, sono esposti alle ondulazioni di un mezzo che è così rado da sembrare imponderabile. Queste ondulazioni sono di numerose specie: esse differiscono grandemente nella loro lunghezza o nella frequenza con cui esse si ripetono in un dato punto. E sotto l'influenza di ondulazioni di una certa frequenza, alcuni di questi atomi sono trasferiti da atomi per i quali essi ànno una più forte affinità, ad atomi per i quali essi ànno un'affinità più debole. Ciò è a dire, ordini particolari di onde di una materia relativamente imponderabile rimuovono atomi particolari di materia ponderabile dai loro attaccamenti, e li trasportano nell'àmbito di altri attaccamenti. Ora le scoperte di Bunsen e di Kirchoff rispetto all'assorbimento di particolari ondulazioni luminose mediante i vapori di particolari sostanze, insieme con le scoperte del Prof. Tyndall rispetto all'assorbimento di calore per parte dei gas, mostrano assai chiaramente che gli atomi di ciascuna sostanza ànno un grado di vibrazione in armonia con onde eteree di una certa lunghezza e rapidità di ricorrenza. Ogni genere speciale di atomo può esser fatto oscillare con un ordine speciale di onde eteree, che sono assorbite nel produrre le sue oscillazioni; e può con le sue oscillazioni generare questo stesso ordine di onde eteree. Donde appare che per quanto sia immensa la differenza di densità tra l'etere e la materia ponderabile, le onde dell'uno possono porre in moto gli atomi dell'altra, quando gli ordini successivi delle onde sono così regolati per il tempo da corrispondere con

(1) Per evitare confusione, sarà bene dire qui che la parola « atomo », come si è già spiegato, è adoperata per indicare una unità di una sostanza al presente non decomposta; mentre la parola « molecola » è adoperata per indicare con tal nome un'unità di una sostanza che si conosce essere composta.

le oscillazioni de gli atomi. Gli effetti delle onde sono, in tal caso, cumulativi; e ciascun atomo a grado a grado acquista un momento formato d'innumerevoli momenti infinitesimali. Si noti, inoltre, che a meno che i membri di una molecola chimicamente composta non siano così collegati da essere incapaci di qualunque movimento relativo (una supposizione in contrasto con le concezioni della scienza moderna), noi dobbiamo concepirli come singolarmente atti a vibrare all'unisono o in armonia con quelle stesse classi di onde eteree, che influiscono su di essi nel loro stato isolato. Mentre la molecola composta considerata come un tutto avrà qualche nuovo grado di oscillazione determinato da' suoi attributi come un tutto; i suoi componenti conserveranno i loro gradi originari di oscillazione, soggetti soltanto alle modificazioni derivanti dalla reciproca influenza. Tali essendo le circostanze del caso, noi possiamo parzialmente comprendere come i raggi del sole possano effettuare decomposizioni chimiche. Se i membri di una molecola diatomica stanno con le ondulazioni che cadono su di essi in tal relazione, che uno è spinto in uno stato di accresciuta oscillazione e l'altro no, è manifesto che deve sorgere una tendenza verso lo spostamento dei due — una tendenza che può o no avere effetto, secondo la debolezza o la forza della loro unione, e secondo la presenza o assenza di affinità collaterali. Questa conclusione è in armonia con diversi fatti significativi. Il Dr. Draper osserva che « tra le sostanze metalliche (composti) quelle che prima si scoperse essere mutate dalla luce, quali sarebbero l'argento, l'oro, il mercurio, il piombo, ànno tutte pesi atomici elevati; e quelle come la soda e la potassa, i cui pesi atomici sono bassi, apparivano essere meno mutevoli ». Secondo l'interpretazione qui data, il fatto specificato si riduce a questo; che i corpi più facilmente decomposti dalla luce sono quelli in cui vi è un contrasto spiccato tra i pesi atomici dei costituenti, e probabilmente quindi un contrasto spiccato nella rapidità delle loro vibrazioni. La circostanza, pure, che differenti composti chimici sono decomposti o modificati in parti differenti dello spettro, implica che vi à una relazione tra ordini speciali di ondulazioni e ordini speciali di molecole — senza dubbio una corrispondenza tra i gradi di queste ondulazioni e i gradi di oscillazione che alcuni dei componenti di tali molecole assumeranno. Una forte conferma di questa opinione si può trarre dalle azioni decomponenti di quelle onde eteree più lunghe, che noi percepiamo come calore. Considerando l'intera serie dei composti diatomici, vediamo che gli elementi che sono più remoti nei loro pesi atomici, come l'idrogeno e i metalli nobili in

generale, non si combineranno affatto o si combineranno con grande difficoltà; le loro vibrazioni sono così dissimili ch'essi non possono tenersi insieme sotto qualunque condizione di temperatura. Se, ancora, guardiamo un gruppo più piccolo, come gli ossidi di metallo, vediamo che, mentre quei metalli, che ànno gli atomi più prossimi per il peso a gli atomi di ossigeno, non possono essere separati dall'ossigeno mediante il calore, anche quando vi si accosta una potente affinità collaterale; quei metalli, che differiscono più ampiamente dall'ossigeno nei loro pesi atomici, possono essere disossidati dal carbonio ad alte temperature; e quelli che differiscono da esso nel massimo grado si combinano con esso con molta riluttanza, e lo cedono se sono esposti a ondulazioni termiche di moderata intensità. Qui, in vero, ricordando le relazioni tra i pesi atomici nei due casi, non possiamo noi sospettare che vi sia una stretta analogia tra la disossidazione di un ossido di metallo mediante il carbonio sotto l'influenza delle onde eteree più lunghe, e la decarbonizzazione dell'acido carbonico mediante l'idrogeno sotto l'influenza delle onde eteree più brevi?

Questi concetti ci ajutano ad acquistare qualche oscura nozione del modo in cui dalla luce sono effettuati i cambiamenti nelle foglie delle piante. Tra i diversi elementi interessati, vi sono ampie differenze nella mobilità molecolare, e probabilmente nei gradi della vibrazione molecolare. Ciascuno è combinato con uno de gli altri, ma è capace di formare varie combinazioni con i rimanenti. Ed essi sono singolarmente in presenza di un composto complesso nel quale tutti entrano, e che è pronto ad assimilare in sè stesso le nuove molecole composte ch'essi formano. Alcune delle onde eteree che cadono su di essi, quando sono così ordinati, cagionano un distacco di taluni de gli atomi combinati e una unione de gli altri. E la conclusione suggerita è che le vibrazioni indotte tra i vari atomi nel loro ordine primitivo sono così discordanti da produrre instabilità, e da dare alle affinità collaterali il potere di operare un riordinamento il quale, benchè meno stabile sotto altre condizioni, è più stabile nella presenza di queste ondulazioni particolari. Sembra, invero, che non vi sia altra scelta che di concepire la questione così. Un atomo unito con un secondo, per cui esso à una forte affinità, dev'essere trasferito a un altro per cui esso à un'affinità più debole. Questo trasferimento implica moto. Il moto è dato dalle onde di un mezzo che è relativamente imponderabile. Nessuna singola onda di questo mezzo imponderabile può dare il moto richiesto a quest'atomo di materia ponderabile: specialmente perchè l'atomo è tenuto da una

forza positiva oltre la sua inerzia. Il moto richiesto può quindi esser dato soltanto da onde successive; e affinchè queste non possano distruggere reciprocamente i loro effetti, è necessario che ciascuna colpisca l'atomo precisamente quando esso à completato il ritorno prodotto dall'urto delle precedenti. Ciò è, le ondulazioni eteree devono coincidere in rapidità con le oscillazioni dell'atomo, determinate dalla sua inerzia e dalle forze che agiscono su di esso. Si richiede altresì che il grado di oscillazione dell'atomo, che dev'essere distaccato, differisca da quello dell'atomo con cui il primo è unito; poichè se i due oscillassero all'unisono, le onde eteree non tenderebbero a separarli. E, finalmente, gli urti successivi delle onde eteree devono accumularsi finchè le oscillazioni risultanti siano divenute così ampie nella loro estensione da indebolire grandemente la coesione de gli atomi uniti, allo stesso tempo che esse portano uno di essi nell'àmbito di altri atomi con i quali si combinerà. In questo modo soltanto sembra possibile che una tal forza produca un tal trasferimento. Di più, mentre noi siamo in tal guisa posti in grado di concepire come la luce possa operare questi cambiamenti molecolari, acquistiamo altresì un'idea del metodo per cui i moti insensibili a noi propagati dal sole sono immagazzinati in guise tali da generare in seguito moti sensibili. Mercè l'accumulazione di urti infinitesimali, gli atomi della materia ponderabile sono messi in oscillazione. La quantità di moto, che ciascuno di essi eventualmente acquista, effettua il suo trasferimento a una posizione di equilibrio instabile, da cui esso può facilmente essere in seguito spostato. E quando è così spostato, insieme con altri atomi similmente e simultaneamente affetti, improvvisamente vien fuori tutto il moto che era stato prima impresso su di esso.

Lasciando da parte la speculazione, tuttavia, quello che qui c'interessa di notare è l'ampio fatto che la luce nelle sostanze organiche è un agente di cambiamenti molecolari di suprema importanza. Non è qui necessario per noi accertare *come* la luce produca queste composizioni e decomposizioni. Per noi è necessario soltanto osservare ch'essa *effettivamente* le produce. Che la materia caratteristica detta clorofilla, che dà il color verde alle foglie, fa la sua comparsa sempre quando i pallidi germogli delle piante sono esposti al sole; che i petali dei fiori, incolori mentre rimangono nella gemma, acquistano le loro tinte vivaci a misura che si aprono; e che sulle superficie esterne degli animali avvengono cambiamenti analoghi; costituiscono ampie induzioni che sono sufficienti per il nostro scopo presente.

§ **14.** Veniamo poi al fattore di massima importanza tra quelli che operano cambiamenti nella materia organica; cioè, l'affinità chimica. Ogni giorno vediamo esempi della facilità con cui le sostanze vegetali e animali sono modificate da altre sostanze messe a contatto di esse. Oltre i molti composti che cagionano la morte di un organismo, in cui sono introdotti, abbiamo l'assai maggior numero di composti che operano quegli effetti più moderati detti medicinali — effetti che implicano, al pari degli altri, riordinamenti molecolari. In vero, la maggior parte dei composti chimici solubili, naturali e artificiali, producono, quando siano presi nel corpo, alterazioni che sono più o meno manifeste nei loro risultati.

Dopo ciò che fu mostrato nell'ultimo capitolo, sarà manifesto che questa estrema modificabilità della materia organica mediante agenti chimici è la causa principale di quell'attivo riordinamento molecolare che gli organismi, e specialmente gli organismi animali, presentano. Nelle due funzioni fondamentali della nutrizione e della respirazione, abbiamo i mezzi per cui è conservata la provvista di materiali per questo attivo riordinamento molecolare.

Il processo di nutrizione animale consiste in parte nell'assorbimento di quelle sostanze complesse che sono per ciò altamente capaci di essere chimicamente alterate, e in parte nell'assorbimento di sostanze più semplici capaci di alterarle chimicamente. I tessuti contengono sempre piccole quantità di sali alcalini e terrosi, che entrano nel sistema in una forma e sono eliminati in un'altra. Benchè noi non conosciamo specificamente le parti che questi sali rappresentano, pure dalla loro presenza universale, e dalle trasformazioni cui vanno soggetti nel corpo, si può sicuramente inferire che le loro affinità chimiche servono ad operare alcune delle metamorfosi che ànno luogo continuamente.

La sostanza inorganica, tuttavia, da cui principalmente dipendono queste metamorfosi nella materia organica, non è ingojata insieme col cibo solido e liquido, ma è assorbita dal mezzo circostante — aria o acqua, secondo il caso. Sia che l'ossigeno introdotto o, come accade ne gli animali inferiori, attraverso la superficie generale, o, come accade ne gli animali più elevati, attraverso gli organi respiratorii, sia la causa immediata di quei cambiamenti molecolari che ànno continuamente luogo in tutti i tessuti viventi; o sia che l'ossigeno, rappresentando la parte di purificatore, meramente favorisca questi cambiamenti, trasportando via i prodotti delle decomposizioni altrimenti causate; rimane egualmente vero che questi cambiamenti sono mante-

nuti mediante l'azione da esso esercitata. Sia che l'ossigeno assorbito e diffuso attraverso il sistema effettui una ossidazione diretta dei collodi organici ch'esso attraversa, o sia ch'esso conduca prima alla formazione di composti più semplici e più ossidati, che sono in seguito ulteriormente ossidati e ridotti a forme ancora più semplici; ciò non importa, per quel che concerne il risultato generale. In ogni caso riman vero che le sostanze, di cui è costruito il corpo animale, entrano in esso o in uno stato non ossidato o in uno stato solo leggermente ossidato e altamente instabile; mentre la grande massa di esse lo lascia in uno stato pienamente ossidato e stabile. Ne segue, per ciò, che, qualunque siano i cambiamenti speciali che ànno luogo, il processo generale è un cadere da uno stato di equilibrio chimico instabile a uno stato di equilibrio chimico stabile. Sia questo processo diretto o indiretto, il riordinamento molecolare totale e il moto totale dato fuori nell'effettuarlo dev'essere il medesimo.

§ **15.** Vi à un'altra specie di ridistribuzione tra le materie componenti de gli organismi, che non è immediatamente effettuata dalle affinità delle materie interessate, ma è mediatamente effettuata da altre affinità; e vi à ragione per pensare che la ridistribuzione così prodotta è importante nella somma, se da vero non è la più importante. Nei casi ordinari di azione chimica, le due o più sostanze interessate subiscono cambiamenti di ordinamento molecolare, se i cambiamenti sono limitati alle sostanze stesse. Ma vi sono altri casi in cui l'azione chimica che à luogo non termina con le sostanze da prima interessate, ma dà origine ad azioni chimiche, o cambiamenti di disposizione molecolare, tra le sostanze circostanti che altrimenti sarebbero rimaste quiescenti. E vi sono altri casi ancora in cui il mero contatto con una sostanza, che è essa stessa quiescente, indurrà altre sostanze a subire rapide metamorfosi. In ciò che noi chiamiamo fermentazione, si à un esempio della prima specie di questa azione chimica comunicata. Una parte del lievito, mentre esso stesso subisce un cambiamento molecolare, convertirà 100 parti dello zucchero in alcool e acido carbonico; e durante la sua propria decomposizione, una parte della diastasia « è capace di effettuare la trasformazione di più che 1000 volte il suo peso di amido in zucchero ». Come illustrazioni della seconda specie, si possono menzionare quei cambiamenti che sono improvvisamente prodotti in molti colloidi da porzioni minute di varie sostanze aggiunte ad essi — sostanze le quali non sono soggette a trasformazioni manifeste, e non soffrono

effetti apprezzabili dal contatto. La natura della prima di queste due specie di cambiamento molecolare comunicato, che qui principalmente c'interessa, può essere rozzamente rappresentata da certi cambiamenti visibili comunicati da massa a massa, quando una serie di masse è stata disposta in un modo speciale. L'esempio più semplice è quello fornito dal gioco fanciullesco di mettere dei mattoni diritti in una fila, in tali posizioni che quando il primo è buttato giù esso butta giù il secondo, il secondo il terzo, il terzo il quarto, e così via sino alla fine della fila. Qui abbiamo un certo numero di unità singolarmente poste in equilibrio instabile, e in tali posizioni relative che ciascuna, mentre cade in uno stato di equilibrio stabile, dà un impulso alla successiva, sufficiente per far cadere anche questa dall'equilibrio instabile allo stabile. Ora, poichè tra le molecole composte mescolate, nessuna può andar soggetta a un cambiamento nella disposizione delle sue parti senza un moto molecolare che deve produrre qualche perturbamento tutto all'intorno; e poichè una molecola adiacente disturbata da questo moto comunicato può essere alterata nella disposizione de' suoi atomi costituenti, se tale disposizione non è stabile; e poichè sappiamo tanto che le molecole le quali sono mutate da questa così detta catalisi sono instabili, quanto che le molecole risultanti dai loro cambiamenti sono *più* stabili; sembra probabile che la trasformazione sia realmente analoga, nel principio, a quella familiare menzionata. Sia che si possa o no così interpretare, tuttavia, vi è buona ragione per credere che a questa specie di azione sia dovuta una grossa somma di metamorfosi vitale. Consideriamo i vari gruppi di fatti che accennano a questa conclusione (1).

Nell'ultimo capitolo (§ 2) noi incidentalmente notammo l'estrema instabilità dei composti azotati in generale. Vedemmo che parecchi di essi sono capaci di esplodere al più lieve incentivo — qualche volta

(1) Ritornando all'argomento dopo molti anni, trovo alcune prove recentemente addotte, in una memoria letta davanti la Royal Society dal signor J. W. Pickering, D. Sc. (ove si dànno minutamente risultati che armonizzano con quelli ottenuti dal Prof. Grimaux), che mostrano chiaramente quale importante agente nelle azioni vitali sia questa produzione di cambiamenti isomerici mediante lievi cambiamenti di condizioni. Si trovò che certe sostanze artificialmente prodotte, che simulano i proteidi in altri loro caratteri e reazioni, li simulano nell'essere coagulabili di fronte a lievissimi perturbamenti. « Alla presenza di una *traccia di sale neutro* esse si coagulano elevandosi a temperature assai simili alle soluzioni proteiche ». Ed è dimostrato che da uno di questi colloidi organici fittizi un effetto simile è prodotto, nel coagulare il sangue, a quello « prodotto dalla iniezione intravenosa di un nucleoproteido ».

senza alcuna causa apparente; e che de gli altri, la grande maggioranza è assai facilmente decomposta dal calore, e da varie sostanze. Scorgeremo una grande importanza in questa caratteristica generale, quando la uniamo col fatto che le sostanze capaci d'iniziare cambiamenti molecolari estesi nel modo sopradescritto sono tutte sostanze azotate. Il lievito consiste di cellule vegetali che contengono nitrogeno, — cellule che crescono coll'assimilare la materia azotata contenuta nel mosto. Similmente, la «pianta dell'aceto», che grandemente facilita la formazione dell'acido acetico dall'alcool, è un'escrescenza fungoide che senza dubbio, al pari di altre della sua classe, è ricca di composti azotati. La diastasia, per cui si effettua la trasformazione dell'amido in zucchero durante il processo di fermentazione, è altresì un corpo azotato. Così pure è una sostanza detta sinaptasi — un principio albuminoso contenuto nelle mandorle, che à il potere di operare parecchie metamorfosi nelle materie associate con esso. Questi composti forniti di nitrogeno, come gli altri della loro famiglia, sono notevoli per la rapidità con cui essi si decompongono; e si trova che gli estesi cambiamenti prodotti da essi ne gl'idratî di carbonio, che li accompagnano, variano nelle loro specie secondo che le decomposizioni dei fermenti variano nelle loro fasi. Abbiamo poi da notare, in quanto ànno qui un significato per noi, i contrastî chimici fra quegli organismi che adempiono le loro funzioni con l'ajuto di forze esterne, e quelli che adempiono le loro funzioni mediante forze svolte dall'interno. Se confrontiamo animali e piante, vediamo che laddove le piante, le quali come una classe presentano il carattere di contenere soltanto poco idrogeno, sono dipendenti dai raggi solari per le loro attività vitali; gli animali, le attività vitali dei quali non sono così dipendenti, principalmente consistono di sostanze azotate. A quest'ampia distinzione v'à, tuttavia, una eccezione notevole; e questa eccezione è specialmente istruttiva. Tra le piante v'è un gruppo considerevole — i Funghi — di cui molti membri, se non tutti, possono vivere e crescere nell'oscurità; ed è la loro particolarità ch'essi ànno assai più nitrogeno di altre piante. Una terza classe ancora di fatti di analogo significato ci si rivela, quando confrontiamo differenti porzioni dello stesso organismo. Il seme di una pianta contiene la sostanza azotata in un rapporto assai più elevato che il resto della pianta; e il seme differisce dal resto della pianta per la sua capacità d'iniziare, nell'assenza della luce, estesi cambiamenti vitali — i cambiamenti che costituiscono la germinazione. Similmente nei corpi de gli animali, quelle parti che adempiono funzioni attive sono

ricche di nitrogeno; mentre le parti che sono non-azotate — come i depositi di grasso — non adempiono funzioni attive. E noi anche troviamo che la comparsa di materia non-azotata in tutti i tessuti normalmente composti quasi interamente di materia azotata, è accompagnata da perdita di attività: ciò che si chiama degenerazione grassa è il concomitante della vitalità decadente. Rimane un ultimo fatto, che serve a render ancor più chiaro il significato dei precedenti, — il fatto, cioè, che in nessuna parte di un organismo, dove procedono cambiamenti vitali, è la materia azotata interamente assente. È cosa comune parlare delle piante — o al meno di tutte le parti delle piante fuorchè i semi — come non-azotate. Ma esse sono così soltanto relativamente; non assolutamente. La quantità della sostanza albuminoide nei tessuti delle piante è estremamente piccola in confronto della quantità contenuta nei tessuti de gli animali; ma tutti i tessuti vegetali che adempiono funzioni attive ànno qualche sostanza albuminoide. In ogni cellula vegetale vivente v'è una certa parte che include il nitrogeno come un componente. Questa parte inizia quei cambiamenti che costituiscono lo sviluppo della cellula. E se non si può dire ch'essa sia il fattore di tutti i cambiamenti successivi subìti dalla cellula, essa tuttavia continua ad essere la parte in cui l'attività indipendente è più spiccata.

Guardando alle prove così messe insieme, non abbiamo noi forse un'idea delle azioni della materia azotata come un fattore di cambiamenti organici? Vediamo che i composti di nitrogeno in generale sono estremamente proclivi a decomporsi: mentre la loro decomposizione implica spesso una improvvisa e grande evoluzione di energia. Vediamo che le sostanze classificate come fermenti, le quali, durante i loro proprii cambiamenti molecolari, iniziano cambiamenti molecolari ne gl'idrati di carbonio che le accompagnano, sono tutte ricche di nitrogeno. Vediamo che tra le classi di organismi, e tra le parti di ciascun organismo, vi à una relazione tra la somma di materia azotata presente e la somma di attività indipendente. E vediamo che anche in organismi e parti di organismi, dove è minima l'attività, quei cambiamenti che ànno luogo sono iniziati da una sostanza contenente nitrogeno. Non sembra probabile, dunque, che questi composti estremamente instabili abbiano ovunque l'effetto di comunicare ai composti meno instabili, associati con essi, movimenti molecolari verso uno stato stabile, simili a quelli a cui essi stessi sono soggetti? I cambiamenti, che in tal guisa noi supponiamo che la materia azotata produca nel corpo, sono manifestamente analoghi a quelli che noi vediamo prodotti da essa fuori dal corpo. Fuori dal

corpo, certi idrati di carbonio in continuo contatto con la materia azotata sono trasformati in acido carbonico ed alcool, e a meno che non lo si impedisca, l'alcool si trasforma in acido acetico: dove le sostanze formate sono per ciò più altamente ossidate e più stabili che le sostanze distrutte. Nel corpo, questi stessi idrati di carbonio, in continuo contatto con la materia azotata, si trasformano in acido carbonico e acqua; sostanze le quali sono altresì più altamente ossidate e più stabili di quelle da cui risultano. E siccome l'acido acetico si risolve esso stesso mediante una ulteriore ossidazione in acido carbonico ed acqua; vediamo che la principale differenza tra i due casi è, che il processo si effettua più completamente nel corpo che fuori dal corpo. Così, per applicare ancora la similitudine sopra adoperata, le molecole de gl'idrati di carbonio contenute nei tessuti non sono, come i mattoni in posizione diritta, nell'equilibrio più stabile; ma pure in un equilibrio così stabile, ch'esse non possono essere perturbate dalle forze chimiche e termiche che il corpo fa agire su di esse. D'altro lato, assomigliando a mattoni similmente collocati che ànno estremità molto sottili, le molecole azotate contenute nei tessuti sono in un equilibrio così instabile ch'esse non possono resistere a queste forze. E quando queste molecole azotate delicatamente bilanciate cadono in disposizioni stabili, esse dànno impulsi alle molecole non-azotate più fermamente bilanciate, i quali inducono anche queste a cadere in disposizioni stabili. È un fatto curioso e significativo che nelle arti, non solo noi utilizziamo questo stesso principio d'iniziare cambiamenti estesi tra composti comparativamente stabili, con l'ajuto di composti assai meno stabili, ma impieghiamo per lo scopo composti della stessa classe generale. Il nostro metodo moderno di sparare un fucile è di porre in stretta prossimità con la polvere da fucile, che noi desideriamo decomporre o esplodere, una piccola porzione di polvere fulminante, che è decomposta o esplosa con estrema facilità, e che, decomponendosi, comunica il conseguente perturbamento molecolare alla polvere da fucile meno agevolmente decomposta. Quando ci domandiamo di che cosa sia composta questa polvere fulminante, troviamo che è un sale azotato (1).

---

(1) Dopo questo lungo intervallo durante il quale altri argomenti mi ànno occupato, io ora trovo che l'opinione comune è simile a quella sopra esposta, in quanto si suppone che un piccolo perturbamento molecolare inizi improvvisamente un grosso perturbamento, producendo un cambiamento simile a una esplosione. Ma mentre, delle due interpretazioni proposte, una è che la capsula sia azotata e la carica un idrato di carbonio, l'altra è che ambedue siano azotate. Le probabilità relative di queste opinioni alternative saranno considerate in un capitolo successivo.

Così, oltre i riordìnamenti molecolari prodotti nella materia organica dall'azione chimica diretta, ve ne sono altri di analoga importanza prodotti dall'azione chimica indìretta. In vero, la conclusione che alcune delle trasformazioni principali, che si verificano nell'organismo animale, sono dovute a questa così detta catalisi, sembra resa necessaria dall'aspetto generale dei fatti, indipendentemente da qualsiasi interpretazione minuziosa come le precedenti. Noi sappiamo che varie materie amilacee e saccarine prese come cibo non appariscono ne gli escrementi, e devono per ciò essere decomposte nel loro passaggio attraverso il corpo. Sappiamo che queste materie non diventano componenti dei tessuti, ma soltanto dei liquidi e solidi contenuti; e che quindi la loro metamorfosi non è un risultato diretto del mutamento dei tessuti. Sappiamo che la loro stabilità è tale che le forze termiche e chimiche, a cui esse sono esposte nel corpo, non possono da sole decomporle. L'unica spiegazione che a noi si offre, per ciò, è che la trasformazione di questi ìdrati di carbonio in acido carbonico e acqua è dovuta all'azione chimica comunicata.

§ **16.** Questo capitolo avrà servito al suo scopo, se esso à dato un concetto della modificabilità estrema della materia organica mediante gli agenti circostanti. Anche se fosse possibile, sarebbe inutile descrivere minutamente i cambiamenti immensamente vari e complicati, che nei corpi viventi operano le forze agenti su dì essi da un momento all'altro. Trattando la biologia ne' suoi principii generali, c'importa soltanto di osservare come specialmente sensibili siano le sostanze, dì cui sono costituiti gli organismi, alle varie influenze che agiscono su questi. La loro sensibilità speciale è stata resa sufficìentemente manifesta nei vari paragrafi precedenti.

CAPITOLO III.

Le reazioni della Materia Organica sulle forze.

§ **17.** Le ridistribuzioni della Materia implicano ridistribuzioni concomitanti del Moto. Ciò che sotto uno de' suoi aspetti consideriamo come un'alterazione di ordinamento tra le parti di un corpo, è, sotto un aspetto correlativo, un'alterazione di ordinamento tra certe forze, per cui queste parti sono sospinte alle loro nuove posizioni. Allo stesso tempo che una forza, agendo differentemente sulle differenti unità di un aggregato, cambia le loro reciproche relazioni: queste unità, reagendo differentemente sulle differenti parti della forza, operano cambiamenti equivalenti nelle relazioni di queste tra loro. Inseparabilmente connessi come sono, questi due ordini di fenomeni sono suscettibili di essere confusi insieme. È assai necessario, tuttavia, distinguere tra essi. Nell'ultimo capitolo demmo un rapido sguardo alle ridistribuzioni che le forze producono nella materia organica; e qui dobbiamo dare un simile sguardo alle ridistribuzioni simultanee subite dalle forze.

All'inizio incontriamo una difficoltà. Le parti di una massa inorganica, soggette al riordinamento causato da una forza incidente, sono nella maggior parte dei casi passive — non complicano quelle reazioni necessarie che risultano dalla loro inerzia, con altre forze a cui esse stesse dànno origine. Ma nella materia organica le parti riordinate non reagiscono in virtù della loro inerzia soltanto. Esse sono così costituite che una forza incidente per solito inizia in esse altre azioni che sono assai più importanti. Invero, quelle che noi possiamo chiamare le reazioni indirette in tal guisa prodotte sono così grandi nella loro somma in confronto con le reazioni dirette, ch'esse la oscurano addirittura.

L'impossibilità di separare queste due specie di reazioni ci costringe a trascurare la distinzione tra esse. Sotto il titolo generale di questo capitolo, dobbiamo includere tanto le reazioni immediate quanto quelle reazioni mediatamente prodotte, che sono tra i più cospicui fenomeni vitali.

§ **18.** Dalla materia organica, come da altra materia, le forze incidenti richiamano quella reazione che noi conosciamo come calore. Una vibrazione molecolare maggiore o minore risulta necessariamente quando, alle forze in azione tra le molecole di qualsiasi aggregato, altre forze si aggiungono. L'esperimento abbondantemente dimostra ciò nel caso delle masse inorganiche; e deve egualmente valere nel caso delle masse organiche. In ambedue i casi la forza che, più spiccatamente di qualsiasi altra, produce questa reazione termica, è quella che termina nella unione di sostanze differenti. Benchè i corpi inanimati siano atti ad essere grandemente riscaldati mercè la pressione e mercè la corrente elettrica, pure le evoluzioni di calore in tal guisa indotte non sono così comuni, nè nella maggior parte dei casi così cospicue come quelle risultanti dalla combinazione chimica. E benchè nei corpi animati vi siano certe quantità di calore generate da altre azioni, pure queste sono secondarie di fronte al calore generato dall'azione dell'ossigeno sulle sostanze che compongono i tessuti e le sostanze contenute in essi. Qui, tuttavia, vediamo una delle distinzioni caratteristiche tra i corpi inanimati e gli animati. Tra i primi ve ne sono ben pochi che ordinariamente esistano in una condizione tale da svolgere il calore causato dalla combinazione chimica; e quelli che sono in tal condizione presto cessano di esserlo, quando la combinazione chimica e la genesi del calore cominciano una volta in essi. Invece, tra i secondi universalmente esiste l'attitudine, più o meno decisa, a svolgere in tal guisa calore, e l'evoluzione del calore, in alcuni casi assai lieve e in nessun caso assai grande, continua fino a che essi rimangono corpi animati.

La relazione tra il cambiamento attivo di materia e la genesi reattiva della vibrazione molecolare è chiaramente dimostrata dai contrasti tra i differenti organismi, e tra i differenti stati e parti dello stesso organismo. Nelle piante la genesi del calore è estremamente piccola, in corrispondenza con la loro produzione estremamente piccola di acido carbonico: quelle porzioni soltanto, come i fiori e i semi che cominciano a germinare, in cui à luogo una considerevole ossidazione, ànno temperature decisamente elevate. Tra gli animali vediamo che quelli a sangue caldo sono quelli che spendono molta forza e respirano atti-

vamente. Benchè gl'insetti non siano quasi affatto più caldi dell'aria circostante quando sono in quiete, essi si elevano parecchi gradi al di sopra di essa quando sono in moto; e nei mammiferi, che abitualmente conservano una temperatura assai più elevata di quella del loro ambiente, l'esercizio è accompagnato da una produzione addizionale di calore.

Questa agitazione molecolare accompagna le cadute da combinazioni molecolari instabili a stabili; tanto se si tratta dei composti più complessi ridotti ai meno complessi, o di quelle cadute definitive che terminano nei composti pienamente ossidati e relativamente semplici; quanto se si tratta delle materie azotate che compongono i tessuti o delle materie non-azotate diffuse tra essi. Nell'un caso come nell'altro, il calore dev'essere considerato come un concomitante. Sia vera o no in un senso più stretto la distinzione, originariamente fatta da Liebig, tra le sostanze azotate come nutrimento per i tessuti e le sostanze non-azotate come nutrimento produttore di calore, essa non può essere accettata nel senso che il nutrimento per i tessuti non sia altresì nutrimento atto a produrre calore. In vero egli stesso non l'afferma in questo senso. La capacità de gli animali carnivori di vivere e generare calore, consumando materia che è quasi esclusivamente azotata, è sufficiente per provare che i composti azotati formanti i tessuti sono produttori di calore, tanto quanto i composti non-azotati che circolano tra e attraverso i tessuti: una conclusione che è invero giustificata dal fatto che le sostanze ricche di nitrogeno fuori del corpo dànno calore, benchè non una grande quantità, durante la combustione. Ma assai probabilmente questa antitesi nè pure nel senso più ristretto è vera. La probabilità è che gl'idrocarburi e gl'idrati di carbonio i quali, nell'attraversare il sistema, sono trasformati mercè l'azione chimica comunicata, svolgono, durante la loro trasformazione, non calore soltanto ma altresì altre specie di forza. Può essere che come la materia azotata, mentre cade in ordinamenti molecolari più stabili, genera tanto quell'agitazione molecolare che si chiama calore quanto quegli altri movimenti molecolari che si risolvono in forze spese dall'organismo; così, pure, avvenga con la materia non azotata. O forse i concomitanti di questa metamorfosi della materia non-azotata variano con le condizioni. Soltanto calore può risultare quando essa è trasformata mentre si trova nei fluidi circolanti, ma in parte calore e in parte un'altra forza, quando è trasformata in qualche tessuto attivo che l'à assorbita; appunto come col carbone, benchè produca quasi null'altro che calore nel modo in cui è ordinaria-

mente bruciato, si à la trasformazione parziale del suo calore in moto meccanico, se lo si brucia nella fornace di una macchina a vapore. In tal caso l'antitesi di Liebig si ridurrebbe a questo — che laddove la sostanza azotata è nutrimento per i tessuti *egualmente* come materiale per il tessuto formativo e come materiale per la sua funzione; la sostanza non azotata è nutrimento per i tessuti *soltanto* come materiale per la funzione.

Non vi può essere dubbio alcuno che questa reazione termica, che l'azione chimica produce a ogni momento nel corpo, è ad ogni momento un aiuto per una ulteriore azione chimica. Vedemmo già (*Primi Principii*, § 100) che uno stato di elevata vibrazione molecolare è favorevole a quella ridistribuzione della materia e del moto che costituisce l'Evoluzione. Vedemmo che in organismi i quali si distinguono per la somma e la rapidità di tali ridistribuzioni, questo stato elevato di vibrazione molecolare è cospicuo. E qui vediamo che questo stato elevato di vibrazione molecolare è esso stesso una conseguenza continua delle continue ridistribuzioni molecolari che esso facilita. Il calore generato da ogni incremento di cambiamento chimico rende possibile il successivo incremento di cambiamento chimico. Nel corpo questa connessione di fenomeni è la stessa come noi vediamo ch'essa è fuori del corpo. Precisamente come in un pezzo bruciante di legno, il calore dato fuori dalla porzione, che effettivamente si combina coll'ossigeno, eleva la porzione adiacente ad una temperatura alla quale essa pure può combinarsi coll'ossigeno; così in un animale vivente, il calore prodotto dall'ossidazione di ciascuna porzione di sostanza organizzata o non organizzata conserva la temperatura a cui le porzioni non ossidate si possono facilmente ossidare.

§ **19.** Tra le forze sviluppate da gli organismi mercè la reazione contro le azioni a cui essi sono soggetti, è la Luce. La fosforescenza è in alcuni pochi casi manifestata dalle piante — specialmente da certi funghi. Tra gli animali essa è comparativamente comune. Tutti sanno che vi sono diverse specie d'insetti luminosi; e molti ànno familiarità col fatto che la luminosità è una caratteristica di vari esseri marini.

Molti fatti fanno implicitamente supporre che questo sviluppo di luce, al pari dello sviluppo di calore, è una conseguenza della ossidazione dei tessuti o delle materie contenute in essi. La luce, come il calore, è la espressione di uno stato elevato di vibrazione molecolare: la differenza fra essi è una differenza nel grado di vibrazione. Quindi

sembra potersi inferire che mercè l'azione chimica su sostanze contenute nell'organismo, si può produrre calore o luce, secondo il carattere delle risultanti vibrazioni molecolari. Talune prove sperimentali confermano questa opinione. Negl'insetti fosforescenti, si trova che la continuazione della luce dipende dalla continuazione della respirazione; e qualunque movimento, che rende la respirazione più attiva, accresce lo stato brillante della luce. Di più, separando la materia luminosa, il Prof. Matteucci à mostrato che la sua emissione di luce è accompagnata da assorbimento di ossigeno ed eliminazione di acido carbonico. La fosforescenza de gli animali marini è stata riferita ad altre cause che l'ossidazione; ma forse si può spiegare senza supporre alcun agente più speciale. Considerando che in esseri del genere *Noctiluca*, per esempio, a cui è dovuta la fosforescenza che più comunemente si osserva sulle nostre coste, non v'è alcun mezzo per mantenere una circolazione costante, noi possiamo inferire che i movimenti dei fluidi aereati attraverso i loro tessuti devono essere grandemente affetti da impulsi ricevuti dal di fuori. Quindi può essere che le scintille visibili di notte quando le onde vanno a rompersi leggermente sulla sponda, o quando un remo è immerso nell'acqua, siano suscitate in questi esseri dalla concussione, non a causa di una influenza sconosciuta ch'essa esercita, ma perchè, propagandosi attraverso i loro tessuti delicati, essa produce un improvviso movimento dei fluidi e un aumento improvviso di azione chimica.

Non di meno, in altri animali fosforescenti che abitano il mare, come nel *Pyrosoma* e in certi Anellidi, la luce sembra essere prodotta altrimenti che mercè una reazione diretta all'azione dell'ossigeno. In vero, basta soltanto richiamar alla mente il fatto ora familiare che certe sostanze diventano luminose nell'oscurità dopo l'esposizione alla luce del sole, per vedere che vi sono altre cause di emissione di luce.

§ **20.** Le ridistribuzioni della materia inanimata sono abitualmente accompagnate da perturbamenti elettrici; e vi sono prove abbondanti che l'elettricità si genera durante quelle ridistribuzioni della materia, che continuamente ànno luogo ne gli organismi. Gli esperimenti ànno dimostrato «che la pelle e la maggior parte delle membrane interne si trovano in stati elettrici opposti»; e altresì che tra differenti organi interni, come il fegato e lo stomaco, vi sono contrasti elettrici: contrasti che sono massimi dove i processi, che ànno luogo nelle parti

confrontate, sono massimamente dissimili. È stato provato da Du Bois-Reymond che quando un punto qualsiasi nella sezione longitudinale di un muscolo è connesso mercè un conduttore con un punto qualsiasi nella sezione traversale, si stabilisce una corrente elettrica; e inoltre, che risultati simili si verificano quando ai muscoli si sostituiscono i nervi. Le cause speciali di questi fenomeni non sono state ancora determinate. Considerando che i contrasti elettrici sono più spiccati dove ànno luogo secrezioni attive — considerando, pure, che essi si possono scoprire con difficoltà dove non vi sono movimenti apprezzabili di liquidi — considerando, altresì, che anche quando si fanno contrarre dei muscoli dopo averli rimossi dal corpo, la contrazione cagiona inevitabilmente movimenti dei liquidi ancora contenuti ne' suoi tessuti: si può supporre che essi siano dovuti semplicemente all'attrito di sostanze eterogenee, che è universalmente una causa di perturbamento elettrico. Ma qualunque sia l'interpretazione, il fatto rimane lo stesso: — vi à in tutto l'organismo vivente, una incessante produzione di differenze tra gli stati elettrici delle differenti parti; e, per conseguenza, una incessante restaurazione dell'equilibrio elettrico mercè lo stabilirsi di correnti tra queste parti.

Oltre questi generali, e non cospicui, fenomeni elettrici comuni a tutti gli organismi, tanto vegetali quanto animali, ve ne sono taluni speciali e fortemente spiccati. Alludo, evidentemente, a quelli che ànno reso la Torpedine e il Gimnoto oggetti di sì grande interesse. In questi esseri abbiamo una genesi di elettricità che non è incidentale nell'adempimento delle loro differenti funzioni da parte dei differenti organi; ma una genesi che è essa stessa una funzione, avente un organo appropriato ad essa. Il carattere di questo organo in ambedue questi pesci, e le sue connessioni ampiamente sviluppate con i centri nervosi, ànno sollevato in alcune menti il sospetto che in esso abbia luogo una trasformazione di ciò che noi chiamiamo forza nervosa nella forza nota come elettrica. Forse, tuttavia, la vera interpretazione può essere che mercè la stimolazione nervosa si origina in queste batterie animali quella trasformazione particolare del moto molecolare, nel produrre il quale consiste la loro funzione.

Ma siano essi generali o speciali, e in qualsiasi modo prodotti, questi sviluppi di elettricità rientrano nelle reazioni della materia organica suscitate dalle azioni a cui essa è soggetta. Benchè queste reazioni non siano dirette ma sembrino essere conseguenze remote di cambiamenti operati da gli agenti esterni sull'organismo, tuttavia esse sono incidenti

in quella ridistribuzione generale del moto che questi agenti esterni iniziano; e come tali devono essere qui notate.

§ **21.** A queste manifestazioni conosciute del moto, se ne deve aggiungere poi una sconosciuta. Calore, Luce ed Elettricità sono emesse dalla materia inorganica quando subisce cambiamenti, tanto quanto dalla materia organica. Ma in alcune classi di corpi viventi si manifesta una specie di forza che noi non possiamo identificare con alcuna delle forze manifestate dai corpi che non sono vivi, — una forza che è quindi sconosciuta, nel senso che essa non può essere assimilata ad alcuna classe altrimenti riconosciuta. Io alludo a quella che si chiama forza nervosa.

Questa è abitualmente generata in tutti gli animali, salvo i più infimi, da forze incidenti di ogni specie. I contatti meccanici lievi e violenti, che in noi stessi producono sensazioni tattili e di pressione — gli aumenti e le diminuzioni di vibrazione molecolare, che in noi producono sensazioni di caldo e di freddo, producono in tutti gli esseri che ànno sistemi nervosi certi perturbamenti nervosi: perturbamenti i quali, come accade in noi stessi, o sono comunicati al principale centro nervoso, e là risvegliano la coscienza, o pure risultano in meri processi fisici eccitati altrove nell'organismo. In parti speciali distinte come gli organi del senso, altre azioni esterne dànno luogo ad altre reazioni nervose, le quali si manifestano o come sensazioni speciali o come eccitamenti che, senza l'intervento della coscienza distinta, generano azioni nei muscoli o in altri organi. Oltre le scariche nervose che seguono l'incidenza diretta delle forze esterne, ve ne sono altre continuamente causate dalla incidenza di forze, le quali, benchè originariamente esterne, sono divenute interne mercè l'assorbimento nell'organismo de gli agenti che le esercitano. Infatti così si possono classificare quelle scariche nervose che risultano da modificazioni dei tessuti, operate da sostanze in essi introdotte col sangue. Che il cambiamento incessante della materia, prodotto dall'ossigeno e da altri agenti in tutto il sistema è accompagnato dalla produzione di forza nervosa, è mostrato da vari fatti: — dal fatto che la forza nervosa non si genera più se l'ossigeno è sottratto o al sangue s'impedisce di circolare; dal fatto che quando la trasformazione chimica è diminuita, come avviene durante il sonno con la sua lenta respirazione e circolazione, vi à una diminuzione nella quantità della forza nervosa; dal fatto che un dispendio eccessivo di forza nervosa implica una eccessiva respirazione e circolazione, e un consumo eccessivo di

tessuto. A queste prove che la forza nervosa si sviluppa in maggiore o minor quantità, secondo che le condizioni di un rapido cambiamento molecolare in tutto il corpo sono bene o male adempite, si possono aggiungere prove atte a mostrare che certe speciali azioni molecolari sono la causa di queste reazioni speciali. Gli effetti de gli alcali vegetali mettono fuor di dubbio la conclusione che la distruzione dell'equilibrio molecolare mercè l'affinità chimica, quando si verifica in certe parti, cagiona un eccitamento nei nervi che procedono da queste parti. In vero, guardate da questo punto di vista, le due classi di cambiamenti nervosi — gli uni iniziati dal di fuori e gli altri dall'interno — si vede che si risolvono in un'unica classe. Gli uni e gli altri si possono ricondurre a metamorfosi del tessuto. Le sensazioni tattili e di pressione sono senza dubbio una conseguenza dei cambiamenti accelerati della materia, prodotti dalla perturbazione meccanica dei fluidi e solidi mescolati che compongono le parti affette. Vi sono fatti abbondanti per mostrare che la sensazione gustatoria è dovuta alle azioni chimiche suscitate da particelle che si fanno strada attraverso la membrana che copre i nervi del palato; poichè, come fa vedere il Prof. Graham, le sostanze saporite appartengono alla classe dei cristalloidi, che sono capaci di penetrare rapidamente nel tessuto animale, mentre i colloidi che non passano attraverso il tessuto animale sono insipidi. Similmente avviene nel senso dell'odorato. Le sostanze che eccitano questo senso sono necessariamente più o meno volatili; e la loro volatilità, essendo il risultato della loro mobilità molecolare, implica ch'esse possiedono, in un alto grado, il potere di giungere ai nervi olfattorii penetrando nel loro rivestimento mucoso. Ancora, i fatti che la fotografia à reso a noi familiari mostrano che quelle impressioni nervose, che si chiamano colori, sono primariamente dovute a certi cambiamenti operati dalla luce nella sostanza retinica. E se bene, nel caso dell'udito noi non possiamo rintracciare così chiaramente la connessione di causa ed effetto, pure siccome vediamo che l'apparato uditivo è un apparato atto a intensificare quelle vibrazioni che costituiscono il suono, e a trasportarle in un ricettacolo contenente liquido nel quale i nervi sono immersi, si può appena dubitare che la sensazione di suono non risulti prossimamente da riordinamenti molecolari causati in questi nervi dalle vibrazioni del liquido: sapendo, come noi sappiamo, che il riordinamento delle molecole è in tutti i casi promosso dall'agitazione. Forse, tuttavia, la miglior prova che la forza nervosa, sia di origine periferica o centrale, risulta dallo scambio chimico, sta nel fatto che la maggior parte de gli agenti chimici, che

potentemente influiscono sul sistema nervoso, influiscono su di esso tanto se sono applicati al centro quanto alla periferia. Vari acidi minerali sono tonici — i più forti sono per solito i tonici più forti —; e questa che noi chiamiamo la loro acidità implica in essi un potere di agire sui nervi del gusto, mentre il bruciore o dolore, che tien dietro al loro assorbimento attraverso la pelle, implica che i nervi della pelle risentono l'azione di essi. Similmente accade con certi alcali vegetali che sono particolarmente amari. Con la loro amarezza questi mostrano ch'essi influiscono sulle estremità dei nervi, mentre, con le loro proprietà toniche, mostrano di poter influire sui centri nervosi: il più intensamente amaro tra essi, la stricnina, è il più potente stimolante nervoso (1). Per quanto possa esser vero che questa relazione non sia una relazione regolare, poichè l'oppio, il hashish, e alcune altre droghe, le quali operano effetti spiccati sul cervello, non sono notevolmente saporite — per quanto possa esser vero che vi siano relazioni tra le sostanze particolari e parti particolari del sistema nervoso —; pure tali casi non fanno altro che limitare, senza negare, la proposizione generale. La verità di questa proposizione può appena essere messa in dubbio quando, ai fatti sopra menzionati,

(1) Quando scrissi questo passo, trascurai di osservare la verificazione ch'esso offre della conclusione contenuta nel § 15, concernente la parte che nei processi vitali rappresentano i composti azotati. Poichè questi alcali vegetali, di cui piccolissime quantità producono sì grandi effetti nell'esaltare le funzioni (e. g. un sedicesimo di un grano di stricnina è una dose), sono tutti corpi azotati, e, per conseguenza, corpi relativamente instabili. Le piccole somme di cambiamento molecolare che ànno luogo in queste piccole quantità di alcali vegetali, quando sono diffuse attraverso il sistema, iniziano maggiori somme di cambiamenti molecolari ne gli elementi azotati dei tessuti.

Ma le prove fornite una generazione addietro da questi alcali vegetali sono state grandemente rinforzate da prove ben più notevoli fornite da altri composti azotati — i vari esplosivi. Questi, allo stesso tempo che producono con le loro improvvise decomposizioni effetti violenti al di fuori dell'organismo, producono altresì effetti violenti nell'interno di esso: un centesimo di un grammo di nitroglicerina è una dose sufficiente. Le investigazioni fatte dal Dr. J. B. Bradbury, e descritte da lui nella *Bradshaw Lecture* intorno ad « Alcuni nuovi dilatatori dei Vasi » (vedi *The Lancet*, 16 novembre 1895), dànno minutamente gli effetti di corpi affini — nitrato metilico, dinitrato di glicerina, tetranitrato eritrilico. I primi due, in comune con la nitroglicerina, sono stabili soltanto quando sono freddi e nell'oscurità — la luce del sole o il calore li decompone, ed essi esplodono mediante un rapido riscaldamento o percussione. Il fatto che qui c'interessa è che il meno stabile — il dinitrato di glicerina — à l'effetto fisiologico più potente e rapido, che è proporzionatamente transitorio. In un minuto la pressione del sangue è ridotta di un quarto e in quattro minuti di circa due terzi: un effetto che si dissipa in un quarto d'ora. Così che questo composto eccessivamente instabile, che si decompone nel corpo in un tempo assai breve, produce in quel breve tempo una vasta somma di cambiamento molecolare: agendo, come sembra, non attraverso il sistema nervoso, ma direttamente sui vasi sanguigni.

si aggiunge il fatto che vari condimenti e droghe aromatiche agiscono come stimolanti nervosi; e il fatto che gli anestetici, oltre gli effetti generali ch'essi producono quando sono inalati o ingojati, producono effetti locali dello stesso genere — prima stimolanti e poi sedativi — quando sono assorbiti attraverso la pelle; e il fatto che l'ammoniaca, la quale in conseguenza della sua estrema mobilità molecolare così rapidamente e così violentemente eccita i nervi al di sotto della pelle, così come quelli della lingua e del naso, è uno stimolante di pronta azione quando è presa internamente.

Se un nervo rappresenti meramente un conduttore, che trasporta ad una delle sue estremità un impulso ricevuto all'altra, o se, come adesso alcuni credono, rappresenti esso stesso un generatore di forza che s'inizia ad una estremità e si accumula nel suo procedere all'altra estremità, sono questioni a cui non si può ancora rispondere. Tutto ciò che noi sappiamo, è che gli agenti capaci di operare cambiamenti molecolari nei nervi sono capaci di suscitare in essi manifestazioni di attività. E le nostre prove, che la forza nervosa abbia origine in tal guisa, non consistono soltanto in fatti come quelli sopra menzionati, ma altresì in fatti più conclusivi stabili mediante esperimenti diretti sui nervi — esperimenti i quali mostrano che la forza nervosa risulta quando l'estremità tagliata di un nervo, o è meccanicamente irritata, o sottoposta all'azione di qualche agente chimico, o soggetta alla corrente galvanica — esperimenti i quali provano che la forza nervosa è generata da tutto ciò che turba l'equilibrio molecolare della sostanza nervosa.

§ **22.** Rimane da notare la più importante delle reazioni suscitate ne gli organismi dalle azioni circostanti. Alle varie forme di moto insensibile così causate, abbiamo da aggiungere il moto sensibile. Dalla produzione di questa manifestazione di forza più specialmente dipende la possibilità di tutti i fenomeni vitali. Si è soliti, in vero, di considerare la facoltà di generare il moto sensibile come limitata ad uno dei due sotto-regni organici; o, ad ogni modo, come posseduta da pochi membri soltanto dell'altro. Esaminando più da vicino la questione, tuttavia, vedìamo che la vita delle piante così come la vita de gli animali è universalmente accompagnata da certe manifestazioni di questa facoltà; e che la vita delle piante non potrebbe altrimenti continuare.

Nei più umili, così come nei più elevati organismi vegetalì, ànno continuamente luogo certe ridistribuzioni della materia. Nei Protofiti il microscopìo ci mostra una interna trasposizione di parti, la quale, quando

non è immediatamente visibile, è dimostrata esistente dalle mutazioni di ordinamento che diventano manifeste nel corso delle ore e dei giorni. Nelle cellule individuali di molte piante più elevate, si può assistere a un movimento attivo tra i granelli contenuti. E le Crittogame bene sviluppate, in comune con tutte le Fanerogame, offrono questa genesi di moto meccanico ancor più cospicuamente nella circolazione del succo. si potrebbe, in vero, concludere *a priori*, che nelle piante le quali manifestano molta differenziazione di parti, deve aver luogo un movimento interno; poichè, senza di esso, la mutua dipendenza di organi aventi funzioni dissimili sarebbe impossibile. Oltre a conservare questi movimenti dei liquidi internamente, le piante, specialmente de gli ordini inferiori, muovono le loro parti esterne in relazione l'una con l'altra, e altresì si muovono da luogo a luogo. Vi sono innumerevoli esempi come la locomozione attiva delle zoospore di molte Alghe, i ripiegamenti ritmici delle Oscillarie, la progressione disordinata delle Diatomee. Infatti molti di questi piccolissimi vegetali, e molti dei più grossi nelle loro prime fasi, manifestano un'attività meccanica che non si distingue da quella de gli animali più semplici. Tra le piante bene organizzate, che non sono mai capaci di movimento nei loro stati adulti, pure non raramente troviamo moti relativi delle parti. A casi familiari come quelli della pianta Sensitiva e della Venere moschicida, molti altri se ne possono aggiungere. Quando se ne irrita la base, lo stame del fiore del Crespino s'inchina e tocca il pistillo. Se gli stami del *Cistus* selvatico siano lievemente strofinati col dito, essi si allargano: piegandosi via dall'ovario. E alcuni dei fiori delle Orchidee, come il Darwin à dimostrato, lanciano fuori masse di polline verso l'ape che entra, quando la sua proboscide è cacciata dentro in cerca di miele.

Benchè la facoltà del movimento non sia, come vediamo, una caratteristica de gli animali soltanto, pure in essi, considerati come una classe, essa si manifesta in una misura così notevole da diventare praticamente il loro carattere più distintivo. Infatti è in virtù della loro attitudine immensamente più grande a generare moto meccanico, che gli animali sono posti in grado di eseguire quelle azioni che costituiscono la loro vita visibile; ed è in virtù della loro attitudine immensamente più grande a generare moto meccanico, che gli ordini più elevati di animali sono più manifestamente distinti da gli ordini inferiori. Benchè, ricordando i movimenti apparentemente attivi de gl'infusorii, taluni forse porranno in dubbio quest'ultimo contrasto, pure, confrontando le quantità di materia sospinte attraverso spazi dati in dati periodi, essi vedranno che

l'energia sviluppata è assai minore nei Protozoi che nei Metazoi. Questi moti sensibili de gli animali si effettuano in parecchi modi. Nelle forme più umili, e anche in alcune delle forme più sviluppate che abitano l'acqua, la locomozione risulta dalle oscillazioni di appendici a forma di frusta, singole o doppie, o dalle oscillazioni delle ciglia: la contrattilità risiede in questi filamenti ondulanti che crescono dalla superficie. In molti Celenterati certi prolungamenti o code delle cellule ectodermiche o endodermiche si accorciano quando sono stimolati, e mercè questi organi contrattili rudimentari si effettuano i movimenti. In tutti gli animali più elevati, tuttavia, e in un grado minore in molti de gli inferiori, il moto sensibile è generato da un tessuto speciale, sotto un eccitamento speciale. Benchè non sia rigorosamente vero che tali animali non mostrino moti sensibili altrimenti causati, poichè tutti quanti ànno certe membrane fornite di ciglia, e poichè la circolazione dei liquidi in essi è parzialmente dovuta ad azioni osmotiche e capillari; tuttavia, generalmente parlando, possiamo dire che i loro movimenti si effettuano soltanto mercè i muscoli che si contraggono soltanto mediante l'azione dei nervi.

Quali trasformazioni speciali di forza governino questi vari cambiamenti meccanici, noi, nella maggior parte dei casi, non sappiamo. Quelle ridistribuzioni di liquido, con le alterazioni di forma qualche volta causate da esse, che risultano dall'osmosi, non sono in vero incomprensibili. Certi moti delle piante, che, come quelli dell'« Avena animata », seguono al contatto con l'acqua, s'interpretano agevolmente; come anche certi altri moti vegetali, come quelli dell'Impaziente (*Impatiens nolitangere*), del Cetriuolo schizzante (*Ecballium elaterium*) e del *Carpobolus*. Ma noi ignoriamo il modo in cui il movimento molecolare si trasforma nel movimento delle masse, ne gli animali. Noi non possiamo riferire a cause conosciute l'azione ritmica del disco di una Medusa, o quella lenta diminuzione di volume che si estende a tutta la massa di un *Alcyonium*, quando uno de' suoi individui componenti è stato irritato. Nè siamo in una miglior posizione per dire come il moto insensibile trasmesso attraverso un nervo dia origine a un moto sensibile in un muscolo. Vero è che la Scienza à dato all'Arte diversi metodi per cambiare il moto insensibile in moto sensibile. Applicando il calore all'acqua noi ne facciamo vapore, e il movimento del suo vapore espandentesi trasferiamo alla materia solida; ma evidentemente la genesi del movimento muscolare non è in alcun modo analoga a ciò. Noi comunichiamo la forza sviluppata in una batteria galvanica o mediante una

dinamo, a un magnete di ferro attraverso un filo metallico attorcigliato intorno ad esso; e sarebbe possibile, collocando l'uno accanto all'altro diversi magneti in tal guisa eccitati, ottenere mediante l'attrazione di ciascuno per i suoi vicini un movimento accumulato costituito dei loro movimenti separati, e in tal modo imitare meccanicamente una contrazione muscolare. Ma da ciò che noi conosciamo della materia organica non v'è alcuna ragione di supporre che qualche cosa di analogo a ciò abbia luogo in essa. Tuttavia, mediante una specie di cambiamento molecolare, noi siamo in grado di produrre cambiamenti sensibili di aggregazione, quali potrebbero forse, verificandosi nella sostanza organica, causare in essa un moto sensibile. Alludo al cambiamento che è allotropico o isomerico. Lo zolfo, per esempio, assume differenti forme cristalline e non cristalline a temperature differenti, e lo si può far passare avanti e indietro da una forma all'altra, mercè lievi variazioni di temperatura; mentr'esso va soggetto ogni volta ad un'alterazione di volume. Noi sappiamo che questo allotropismo, o piuttosto l'isomerismo ad esso analogo, prevale tra i colloidi — inorganici e organici. Sappiamo altresì che alcune di queste metamorfosi tra i colloïdi sono accompagnate da riordinamenti visibili: come accade, per esempio, nell'acido silicico idrato; il quale, dopo esser passato dal suo stato solubile allo stato di una gelatina insolubile, comincia, dopo pochi giorni, a contrarsi e a dar fuori una parte dell'acqua ch'esso contiene. Ora considerando che tali cambiamenti isomerici dei colloidi organici, così come de gl'inorganici, sono spesso rapidamente prodotti da cause assai lievi — una traccia di un sale neutro o un elevamento di uno o due gradi di temperatura — sembra non impossibile che alcuni dei colloidi, che costituiscono il muscolo, possano essere in tal guisa cambiati da una scarica nervosa: riassumendo la loro precedente condizione, quando la scarica cessa. Ed è concepibile che mercè disposizioni di struttura, i piccolissimi moti sensibili causati si possano accumulare, formando grandi moti sensibili.

§ **23.** Ma le verità, che è qui nostro còmpito specialmente di notare, sono indipendenti da ipotesi o interpretazioni. Per gli scopi che abbiamo in vista, è sufficiente osservare che la materia organica *effettivamente* presenta queste diverse cospicue reazioni, quando agiscono su di essa forze incidenti. Non è necessario che noi sappiamo *come* queste reazioni ànno origine.

Nell'ultimo capitolo furono esposti i diversi modi in cui le forze incidenti causano ridistribuzioni della materia organica; e in questo capi-

tolo sono stati esposti i diversi modi in cui si manifesta il moto che accompagna questa ridistribuzione. Là studiammo, sotto i suoi vari aspetti, il fatto generale che, in conseguenza della sua estrema instabilità, la materia organica è soggetta ad estesi riordinamenti molecolari in seguito a cambiamenti assai lievi di condizioni. E qui abbiamo studiato, sotto i suoi vari aspetti, il fatto generale correlativo che, durante questi estesi riordinamenti molecolari, si sviluppano grosse somme di energia. Nel primo caso si considerano i componenti della materia organica in quanto cadono da posizioni di equilibrio instabile a posizioni di equilibrio stabile; e nell'altro caso essi sono considerati in quanto generano nelle loro cadute certe energie — energie che si possono manifestare come calore, luce, elettricità, forza nervosa, o moto meccanico, secondo che determinano le condizioni.

Aggiungerò soltanto che tali sviluppi di energia sono rigorosamente dipendenti da questi cambiamenti della materia. È un corollario di quella verità primordiale la quale, come abbiamo visto, è alla base di tutte le altre verità (*Primi Principii*, §§ 62, 189), che qualunque somma di forza un organismo consuma in qualsiasi forma è il correlato e l'equivalente di una forza che vi fu introdotta dal di fuori. Da un lato, segue dalla persistenza della forza che ciascuna porzione di energia meccanica od altra energia, che un organismo esercita, implica la trasformazione di tanta materia organica quanta conteneva questa energia in uno stato latente. E dall'altro lato, segue dalla persistenza della forza che nessuna simile trasformazione della materia organica contenente questa energia latente può aver luogo, senza che l'energia si manifesti in una forma o nell'altra.

CAPITOLO III *A*.

Il Metabolismo.

§ **23** *a*. Nei primi anni dopo il quaranta il chimico francese Dumas mostrò le azioni opposte dei regni vegetale e animale: di cui l'uno à per suo principale effetto chimico la decomposizione del biossido di carbonio, con concomitante assimilazione del carbonio e liberazione dell'ossigeno, e l'altro à per suo principale effetto chimico l'ossidazione del carbonio e la produzione del biossido di carbonio. Omettendo quelle piante che non contengono clorofilla, tutte le altre disossidano il carbonio; mentre tutti gli animali, salvo i pochi che contengono clorofilla, riossidano il carbonio. Questa non è, in vero, una descrizione completa della relazione generale; poichè essa rappresenta gli animali come interamente dipendenti dalle piante, o direttamente o indirettamente mediante altri animali, mentre le piante sono rappresentate come interamente indipendenti da gli animali; e quest'ultimo modo di vedere benchè in massima parte vero, poichè le piante possono ottenere direttamente dal mondo inorganico certi altri costituenti di cui ànno bisogno, non è vero in una certa mĩsura, poichè molte con maggiore facilità ottengono questi materiali dai corpi in decomposizione de gli animali o dai loro escrementi. Ma dopo aver notato questa limitazione, l'ampia antitesi rimane quale è affermata.

Come sono prodotte queste trasformazioni? Il carbonio contenuto nel biossido di carbonio non diventa a un tratto incorporato nella pianta, nè la sostanza che l'animale si appropria dalla pĩanta diventa a un tratto biossido di carbonio. È attraverso due serie complesse di cambiamenti

che questi due ultimi risultati sono prodotti. I materiali che formano i tessuti delle piante, così come i materiali contenuti in essi, sono progressivamente elaborati dalle sostanze inorganiche; e i composti risultanti, mangiati e alcuni di essi assimilati da gli animali, passano attraverso successivi cambiamenti che sono, in media, di un carattere opposto: le due serie essendo l'una costruttiva e l'altra distruttiva. Per esprimere i cambiamenti di ambedue queste specie si adopera il termine « metabolismo »; e dei cambiamenti metabolici quelli che risultano nella costruzione dal semplice al composto si distinguono come « anabolici », mentre quelli che risultano nel disfacimento dal composto al semplice si distinguono come « catabolici ». Questi nomi antitetici in vero non abbracciano tutte le trasformazioni molecolari che ànno luogo. Molte di esse, conosciute come isomeriche, non implicano costruzione nè disfacimento: implicano soltanto riordinamento. Ma quelle che qui principalmente c'interessano sono le due specie opposte descritte.

È necessaria una limitazione. Questi cambiamenti antitetici si devono intendere come caratterizzanti la vita delle piante e la vita de gli animali in modo generale piuttosto che in modo speciale — come esprimenti le trasformazioni nella loro totalità ma non nei loro particolari. Poichè vi sono processi catabolici nelle piante, benchè non rappresentino che una piccola quantità in rapporto a quelli anabolici; e vi sono processi anabolici ne gli animali, benchè essi non rappresentino che una piccola quantità in rapporto a quelli catabolici.

Da gli aspetti chimico-fisici di questi cambiamenti passiamo a quelli distinti come vitali; poichè i cambiamenti metabolici si possono trattare soltanto come cambiamenti effettuati da quella sostanza vivente che si chiama protoplasma.

§ **23** *b*. Secondo l'ipotesi dell'evoluzione siamo obbligati ad ammettere che le primissime cose viventi — probabilmente minute unità di protoplasma più piccole di qualsiasi unità che il microscopio ci rivela — avessero l'attitudine ad appropriarsi direttamente dal mondo inorganico tanto il nitrogeno quanto i materiali per comporre gl'idrati di carbonio, senza i quali (nitrogeno e idrati di carbonio insieme) il protoplasma non si può formare; poichè nell'assenza di una materia organica anteriore non v'era altra sorgente. La legge generale di evoluzione, così come le azioni osservate dei Protozoi e dei Protofiti, inducono a pensare che questi tipi primordiali simultaneamente manifestavano vita animale e vita vegetale. Infatti siccome il tipo animale sviluppato non può

formare con le sostanze inorganiche che lo circondano composti azotati o idrati di carbonio; e siccome il tipo vegetale sviluppato, capace di formare idrati di carbonio con le sostanze inorganiche che lo circondano, dipende per la formazione del suo protoplasma principalmente, se bene indirettamente, dai composti di nitrogeno derivati dai precedenti organismi, come accade altresì delle piante prive di clorofilla — i Funghi; noi siamo costretti ad ammettere che nell'inizio, insieme con le attività consumatrici, che caratterizzano il tipo animale, erano unite le attività accumulatrici, che caratterizzano ambedue i tipi vegetali — forme di attività in seguito differenziate.

Benchè i passi successivi nella formazione artificiale dei composti organici ànno progredito tanto che sono state prodotte sostanze simulanti i proteidi, se non identiche con essi, tuttavia non abbiamo alcun indizio delle condizioni sotto cui questi sorsero e ancor meno abbiamo un indizio delle condizioni sotto le quali i proteidi inerti diventarono combinati in modo da formare il protoplasma attivo. Il fatto essenziale da riconoscere è che la materia vivente, originata come dobbiamo ammettere durante una lunga fase di progressivo raffreddamento, in cui le parti infinitamente varie della superficie della Terra andavano lentamente passando attraverso condizioni fisiche appropriate, possedeva fin dall'inizio la facoltà di assimilare a sè stessa i materiali con cui si formava altra materia vivente; e che da allora in poi tutta la materia vivente è sorta per la sua azione di auto-accrescimento. Ma ora, lasciando la speculazione riguardo a questi cambiamenti anabolici come cominciarono nel remoto passato, consideriamoli come ànno luogo presentemente — volgendo prima la nostra attenzione a quelli offerti dal mondo vegetale.

§ **23** c. La decomposizione del biossido di carbonio (§ 13) — la separazione del carbonio dall'ossigeno combinato, così che esso può entrare nell'una o l'altra forma d'idrato di carbonio, — non è ora ordinariamente effettuata, come dobbiamo ammettere che fosse un tempo, dal protoplasma indifferenziato; ma si effettua mediante una sostanza specializzata, la clorofilla, che è inserita nel protoplasma e opera per suo mezzo. Il grano di clorofilla non è semplicemente immerso nel protoplasma, ma è attraversato nella sua sostanza da una rete protoplasmica o produzione spugnosa apparentemente continua col protoplasma all'intorno; o, secondo il Sachs, consiste di protoplasma che tiene in sospensione particelle di clorofilla: dove la disposizione meccanica facilita la funzione chimica. La sottrazione risultante del carbonio dal biossido

di carbonio, con l'ajuto di certe ondulazioni eteree, sembra che sia il primo passo nella costruzione di composti organici — il primo passo nel processo anabolico primario. Quì non c'interessano i particolari. Occorre qui notare soltanto due serie successive di cambiamenti — la genesi dei materiali passivi di cui è costruita la struttura della pianta, e la genesi dei materiali attivi per cui questi sono prodotti e si effettua la costruzione.

Il carbonio idrato che il protoplasma, avente il grano di clorofilla come suo strumento, produce con l'acido carbonico e l'acqua, sembra che non sia di una specie soltanto. Gl'idrati di carbonio possibili sono quasi infiniti in numero. Moltitudini di essi sono stati artificialmente fatti, e numerose specie sono fatte naturalmente dalle piante. Benchè forse il primo passo nella riduzione del carbonio dal suo biossido può essere sempre lo stesso, pure si ritiene probabile che in differenti tipi di piante sorgano immediatamente tipi differenti d'idrati di carbonio, e diano caratteri differenziali ai composti successivamente formati da tali tipi: dove parecchi dei cambiamenti sono catabolici piuttosto che anabolici. Dei membri principali nel gruppo si possono menzionare la destrina, l'amido, e i vari zuccheri caratteristici delle varie piante, come pure il cellulosio elaborato mercè un ulteriore anabolismo. Considerato come la specie d'idrato di carbonio in cui i prodotti dell'attività sono prima immagazzinati, per essere successivamente modificati per scopi diversi, l'amido è tra questi il più importante; e il processo d'immagazzinamento è suggerito dalla struttura del grano dell'amido. Questo consiste di strati sovrapposti, che implicano depositi intermittenti; essendo probabile che le variazioni di luce e di calore, che accompagnano il giorno e la notte, siano associate ora con un arresto del deposito e ora con un ricominciamento di esso. Mentre quest'amido immagazzinato è simile per la composizione all'una o all'altra specie di zucchero, e capace di essere depositato dallo zucchero e di assumere nuovamente la forma zuccherina, questa sostanza si trasforma, mediante un ulteriore metabolismo, qui nel cellulosio che avviluppa ciascuna delle numerose unità di protoplasma, là nelle fibre spirali, anelletti, o tubi perforati, che, nelle prime fasi dello sviluppo del tessuto, formano canali per il succo, e altrove in altri componenti della struttura generale. I molti cambiamenti risultanti si effettuano in varie maniere: ora mercè quel semplice riordinamento dei componenti conosciuto col nome di cambiamento isomerico; ora mercè quella sottrazione di uno de gli elementi di un composto e l'inserzione di uno di un'altra specie, che si chiama sostitu-

zione; e ora mercè l'ossidazione, come quando si produce l'ossido-cellulosio che costituisce la fibra legnosa.

Oltre ad elaborare materiali costruttivi, il protoplasma elabora sè stesso — ciò è, elabora una ulteriore quantità di sè stesso. Esso si distingue chimicamente dai materiali costruttivi per la presenza di nitrogeno. Derivato dall'ammoniaca dell'atmosfera, o dalla materia organica in decomposizione o espulsa, o dai prodotti di certi funghi e microbi che si trovano alle sue radici, il nitrogeno è introdotto in una combinazione o l'altra in una pianta mercè la corrente ascendente; e in virtù di qualche processo sconosciuto (non dipendente dalla luce, poichè esso à luogo egualmente bene, se non meglio, nell'oscurità) il protoplasma dissocia e si appropria questo nitrogeno combinato e lo unisce con un idrato di carbonio per formare uno o un altro proteide — albumina, glutine, o qualche isomero; appropriandosi allo stesso tempo da taluni dei sali terrosi la somma richiesta di zolfo e in alcuni casi fosforo. L'ultimo passo, come dobbiamo supporre, è la formazione del protoplasma vivente da questi proteidi non viventi. Un fatto fondamentale è che i proteidi sono suscettibili di molteplici trasformazioni; e sembra non improbabile che nel protoplasma siano mescolati vari proteidi isomerici. Se così è, dobbiamo concludere che il protoplasma è suscettibile di variazioni quasi infinite nella natura. Evidentemente di pari passo con questo duplice processo — aumento di protoplasma e produzione concomitante d'idrati di carbonio — avviene una estensione della struttura delle piante e della vita vegetale.

A questi processi metabolici essenziali si ànno da aggiungere certi processi minori e non essenziali, che si risolvono nella formazione di materie coloranti, odori, olii di essenza, secrezioni acri, composti amari e veleni: di cui alcuni servono ad attrarre gli animali ed altri a respingerli. Parecchie di queste materie sembrano essere escrezioni — materie inutili espulse, e sono senza dubbio cataboliche.

È opportuno osservare la relazione dei fatti quì tracciati a grandi linee con la dottrina dell'Evoluzione in generale. Già abbiamo visto come (§ 8 *a*), nel corso della evoluzione terrestre, si sia formato un complesso sempre più eterogeneo di composti sempre più eterogenei, onde preparare la via alla vita organica. E qui possiamo vedere che durante lo sviluppo della vita vegetale dalle sue più infime forme algoidi e fungoidi sino a quelle forme che costituiscono il mondo principale delle piante, si è venuto formando un numero crescente di composti organici complessi; che si rivela a un tempo nella diversità di essi contenuti nella

medesima pianta e nella ancor maggiore diversità manifestata nel vasto aggregato della specie, dei generi, ordini e classi di piante.

§ **23** *d*. Passando al metabolismo che caratterizza la vita animale, che, come si è già indicato, è principalmente un processo di decomposizione che disfà il processo di composizione caratterizzante la vita vegetale, noi possiamo opportunamente notare all'inizio ch'esso deve avere ampi limiti di variazione, egualmente nelle differenti classi di animali ed anche nello stesso animale.

Se prendiamo, da un lato, un carnivoro che vive di tessuto muscolare (poichè i carnivori selvatici facendo lor preda de gli erbivori, che possono raramente diventare grassi, non ottengono quasi nessun idrato di carbonio) e osserviamo che il suo cibo è quasi esclusivamente azotato; e se, dall'altro lato, prendiamo un animale graminivoro il cibo del quale salvo quando esso mangia semi) contiene comparativamente poca materia azotata; sembra che siamo costretti a supporre che le parti, che nei processi organici rappresentano i proteidi e gl'idrati di carbonio, possono in misura considerevole sostituire l'una l'altra. Vero è che la quantità di cibo e il sistema alimentare richiesto sono nell'ultimo caso assai più grandi che nel primo. Ma questa differenza è sopra tutto dovuta alla circostanza che il cibo dell'animale graminivoro consiste principalmente di materia inservibile — fibra legnosa, cellulosio, clorofilla — e che se l'amido, lo zucchero e il protoplasma si potessero ottenere senza la materia inservibile, le quantità richieste delle due specie di cibo non offrirebbero in alcun modo un contrasto così forte. Ciò diventa manifesto confrontando gli uccelli che si nutrono di pesce e quelli che si nutrono di grano — per esempio un falco e un piccione. Nella facoltà del volo questi non differiscono grandemente, nè è la dimensione del sistema alimentare cospicuamente maggiore nell'ultimo che nel primo; benchè probabilmente la quantità di cibo consumato è maggiore. Sembra tuttavia chiaro che la provvista di energia ottenuta da un piccione da gl'idrati di carbonio con una proporzione moderata di proteidi, non è ampiamente dissimile da quella ottenuta da un falco con proteidi soltanto. Anche dai caratteri di uomini differentemente nutriti si può trarre una simile conclusione. Da un lato abbiamo i Masai i quali, durante le loro epoche di guerra, mangiano esclusivamente carne; e dall'altro abbiamo gl'Indù che si nutrono quasi interamente di cibo vegetale. Senza dubbio le quantità richieste in questi casi differiscono assai; ma la differenza tra la razione del mangiatore di carne e quella del mangia-

tore di cereali non è così immensa come sarebbe, se non vi fosse alcuna sostituzione ne gli usi fisiologici dei materiali.

Riguardo a gli aspetti speciali del metabolismo animale, abbiamo anzi tutto da notare quelle varie trasformazioni minori che sono ausiliarie nella trasformazione generale, per cui si ottiene la forza dal nutrimento. Infatti molte delle attività vitali servono semplicemente per la elaborazione dei materiali necessari all'attività in genere e per la eliminazione dei prodotti inutili. Dal sangue che passa attraverso le glandole salivari è preparata in grossa quantità una secrezione contenente tra le altre materie un fermento azotato, la ptialina, che, mescolato col cibo durante la masticazione, promuove il cambiamento del suo amido in zucchero. Poi nello stomaco vengono le secrezioni più o meno varianti conosciute in combinazione col nome di succo gastrico. Oltre a certi sali e all'acido idroclorico, questo contiene un altro fermento azotato, la pepsina, che serve a dissolvere i proteidi ingojati. A questi due prodotti metabolici, che promuovono la soluzione dei vari solidi ingeriti, tosto si aggiunge quel prodotto del metabolismo nel pancreas, il quale, aggiunto al chimo, effettua certi altri cambiamenti molecolari — notevolmente quello delle materie amilacee rimaste ancora inalterate, in materie saccarine che devono tosto essere assorbite. E dobbiamo notare l'importante fatto che la preparazione dei materiali nutritivi nel canale alimentare ci mostra novamente che i composti azotati instabili sono gli agenti i quali, mentre mutano essi, iniziano cambiamenti ne gl'idrati di carbonio e nei proteidi all'intorno: il nitrogeno rappresenta qui la stessa parte come altrove. L'ufficio medesimo esso adempie in un altro viscere ancora. Il sangue che passa attraverso la milza per arrivare al fegato è esposto all'azione di « un proteide speciale della natura dell'albumina alcalina, che in qualche modo tiene il ferro particolarmente associato con esso ». Da ultimo veniamo a quell'organo di suprema importanza, il fegato, che è a un tempo un'officina e un magazzino. Qui diversi metabolismi ànno luogo simultaneamente. Vi è quello che fino a gli ultimi anni fu supposto essere il solo processo epatico — la formazione della bile. In alcune cellule della bile vi sono masse di globuli di olio, che sembrano implicare una metamorfosi d'idrato di carbonio. E poi, di primaria importanza, viene la estesa produzione di quell'amido animale conosciuto col nome di glicogeno — una sostanza la quale, in ciascuna delle cellule che la generano, è contenuta in un plesso di filamenti protoplasmatici: ancora un corpo azotato diffuso attraverso una massa che ora si forma dallo zucchero e ora si dissolve novamente in zucchero.

Infatti sembra che questa forma solubile d'idrato di carbonio, introdotta nel fegato dall'intestino, vi sia conservata, quando non è richiesta immediatamente, sotto la forma di glicogeno, pronta ad essere novamente dissoluta e trasportata nel sistema o per uso immediato o per essere ridepositata come glicogeno nei punti dove à da essere tosto consumata: il grande deposito nel fegato e i depositi minori nei muscoli sono, per usare la similitudine del Prof. Michael Foster, analoghi nelle loro funzioni a una banca centrale e alle banche filiali.

Un parallelismo istruttivo si può osservare tra questi processi che ànno luogo nell'organismo animale, e quelli che ànno luogo nell'organismo vegetale. Infatti gl'idrati di carbonio menzionati, a cui si può facilmente far assumere la forma solubile o la insolubile mediante l'aggiunta o la sottrazione di una molecola d'acqua, e che in tal guisa sono resi adatti qualche volta alla distribuzione e qualche volta all'accumulazione, sono similmente trattati nei due casi. Come l'amido animale, il glicogeno, è ora conservato nel fegato o altrove e ora cambiato in glucosio, onde essere trasferito forse per il consumo e forse per essere nuovamente depositato; così l'amido vegetale, che alterna tra lo stato solubile e l'insolubile, ora è trasportato in parti in via di sviluppo, dove mediante il cambiamento metabolico diventa cellulosio o altro componente del tessuto, e ora è trasportato in qualche punto dove, mutato novamente in amido, è messo da parte per l'uso futuro; come accade nelle turgide foglie interne di un cavolo, nella radice di una rapa, o nello stelo sotterraneo rigonfio che conosciamo col nome di patata: la materia, che nell'animale è adoperata per generare movimento e calore, è adoperata nella pianta per generare strutture. Nè il parallelismo è anche adesso esaurito; poichè, come in una pianta l'amido è immagazzinato in ciascun seme per l'uso successivo dell'embrione, così in un embrione animale il glicogeno è immagazzinato nei muscoli in via di sviluppo per l'uso successivo nel completamento delle loro strutture.

§ **23** e. Veniamo ora al metabolismo massimo e ovunque penetrante che à per suoi effetti le cospicue manifestazioni della vita — le attività nervose e muscolari. Qui si presenta di nuovo una questione discussa nell'edizione del 1864 — una questione che si deve riprendere in considerazione nella luce di cognizioni recenti — la questione, quali particolari cambiamenti metabolici siano quelli per cui nel muscolo l'energia esistente sotto la forma di moto molecolare si trasforma nell'energia manifestata sotto la forma di moto delle masse?

Rispetto alla natura di questa trasformazione vi sono due opinioni. L'una è che l'idrato di carbonio presente nel muscolo deve, mercè un ulteriore metabolismo, essere elevato nella forma di un composto o di più composti di nitrogeno, prima ch'esso possa andar soggetto a quella improvvisa decomposizione che inizia la contrazione muscolare. L'altra è l'opinione esposta nel § 15, e là confermata con ulteriori illustrazioni che mi si sono presentate mentre stavo preparando questa edizione riveduta — l'opinione che l'idrato di carbonio nel muscolo, ovunque in contatto con sostanza azotata instabile, va soggetto, in seguito alla scarica di un piccolo cambiamento molecolare in questa, ad un esteso cambiamento molecolare, che risulta nella ossidazione del carbonio e conseguente liberazione di molto moto molecolare. Ambedue queste opinioni al presente sono soltanto ipotesi, e le probabilità rispettivamente favorevoli ad esse devono essere pesate. Confrontiamole e osserviamo da qual lato preponderano le prove.

Siamo costretti a concludere che ne gli animali carnivori il processo catabolico si accorda con la prima di queste opinioni, in quanto che lo sviluppo di energia deve in qualche modo risultare soltanto dalla caduta dei composti azotati complessi in quelle materie più semplici che fanno la loro apparizione come materie inutili; poichè, effettivamente, l'animale carnivoro non à idrati di carbonio dai quali possa altrimenti sviluppare forza. Dopo aver ammesso ciò, tuttavia, si dovrebbe aggiungere che possibilmente dal cibo esclusivamente azotato si à da ottenere il glicogeno o lo zucchero mediante una parziale decomposizione, prima che possa aver luogo l'azione muscolare. Ma quando passiamo ad animali che ànno cibo principalmente consistente d'idrati di carbonio, parecchie difficoltà si oppongono all'ipotesi che, mercè una ulteriore composizione, i proteidi debbano esser formati da gl'idrati di carbonio prima che si possa svolgere l'energia muscolare. In primo luogo il cambiamento anabolico attraverso il quale, con l'aggiunta di nitrogeno, ecc., un proteide è formato da un idrato di carbonio, deve assorbire una energia eguale a una metà di quella che è data fuori nel successivo cambiamento catabolico. Non vi può essere alcun profitto dinamico da quella parte del processo che effettua la composizione e la successiva decomposizione del proteide, ma soltanto da quella parte del processo che effettua la decomposizione dell'idrato di carbonio. In secondo luogo sorge la questione — donde viene il nitrogeno richiesto per la composizione de gl'idrati di carbonio in proteidi? Non v'è che quello contenuto nel siero di albumina o altro proteide che il sangue porta; e non vi può essere alcun guadagno nel

togliere a questo proteide il nitrogeno allo scopo di formare un altro proteide. Quindi non si spiega la nitrogenizzazione de gl'idrati di carbonio aggiunti. Rimane un'altra difficoltà ancora. Se l'energia data fuori da un muscolo risulta dal consumo catabolico de' suoi proteidi, allora la quantità delle materie azotate inutili formate dovrebb'essere proporzionata alla quantità di lavoro compiuto. Ma gli esperimenti ànno provato che questo non è il caso. Da molto tempo fu dimostrato che la somma di urea espulsa non aumenta in alcun modo in proporzione della somma di energia muscolare spesa; e di recente ciò è stato novamente dimostrato.

A questa affermazione si è mossa una critica al seguente effetto: — Considerando che il muscolo si contrae quando è privato di ossigeno e di sangue, e deve quindi contenere materia da cui la energia è derivata; e considerando che siccome l'acido carbonico è dato fuori, il carbonio e l'ossigeno richiesto dev'esser derivato da qualche componente del muscolo; ne risulta che l'energia deve esser ottenuta mercè la decomposizione di un corpo azotato. A questo ragionamento si può obiettare, in primo luogo, che le condizioni specificate sono anormali, e che è pericoloso assumere che quello che à luogo sotto condizioni anormali abbia luogo altresì sotto condizioni normali. È possibile, o anche probabile, che in presenza del sangue e dell'ossigeno il processo sia dissimile da quello che sorge nella loro assenza: la sostanza muscolare può cominciare a consumarsi quando essa non à i soliti materiali da consumare. Poi, in secondo luogo, e principalmente, si può replicare che la difficoltà sollevata nel precedente argomento non è esclusa ma semplicemente nascosta. Se, come si pretende, il carbonio e l'ossigeno da cui è prodotto l'acido carbonico formano, sotto le condizioni stabilite, parti di una sostanza azotata complessa contenuta nel muscolo, allora la sottrazione del carbonio e dell'ossigeno deve causare la decomposizione di questa sostanza; e in quel caso l'escrezione delle materie azotate inutili dev'essere proporzionata alla somma di lavoro compiuto, il che non è. Si sfugge a questa difficoltà supponendo che la « complessa sostanza esplosiva immagazzinata dev'essere, nel muscolo vivente, di tal natura » che dopo l'esplosione essa lascia un « residuo azotato utilizzabile per la ricombinazione con nuove porzioni di carbonio e di ossigeno derivate dal sangue e quindi per la ricostituzione della sostanza esplosiva ». Ciò implica che una molecola della sostanza esplosiva consiste di una molecola azotata complessa unita con una molecola d'idrato di carbonio, e che una volta dopo l'altra essa improvvisamente decompone questa molecola d'idrato

di carbonio, e quindi ne prende un'altra simile dal sangue. Si può appena dire che il carbonio sia sottratto dalla molecola d'idrato di carbonio, poichè si può difficilmente supporre che le affinità più deboli della molecola di nitrogeno superino le più forti affinità della molecola d'idrato di carbonio. La molecola d'idrato di carbonio deve per ciò essere incorporata interamente. Qual'è la conseguenza? La parte d'idrato di carbonio del composto è relativamente stabile, mentre la parte azotata è relativamente instabile. Quindi l'ipotesi implica che, una volta dopo l'altra, la parte azotata instabile abbatte la parte stabile d'idrato di carbonio, senza essere essa stessa abbattuta. Questa conclusione, per lo meno, non appare molto probabile.

L'ipotesi alternativa, indirettamente confermata come abbiamo visto da prove le quali mostrano che al di fuori del corpo piccole somme di cambiamento nei composti di nitrogeno iniziano grandi somme di cambiamento nei composti del carbonio, può in primo luogo essere confermata da qualche ulteriore prova indiretta di natura analoga. Un mucchio di fieno prematuramente messo insieme ne offre una. Se nel fieno si lascia acqua sufficiente per permettere l'azione chimica, i proteidi in decomposizione, che formano il protoplasma morto in ciascuna cellula, suscitano la decomposizione de gl'idrati di carbonio con concomitante ossidazione del carbonio e genesi di calore; anche fino al punto da produrre fuoco. Ancora, come si è sopra mostrato, tale relazione tra queste due classi di composti è esemplificata nel canale alimentare; dove, tanto nella saliva quanto nella selezione pancreatica, minute quantità di corpi azotati instabili trasformano grandi quantità d'idrati di carbonio stabili. In tal guisa troviamo conferme indirette della opinione che il cambiamento catabolico che genera l'energia muscolare sia un cambiamento in cui una grande decomposizione di un idrato di carbonio è suscitata da una piccola decomposizione di un proteide (1).

§ **23** *f*. Si può opportunamente menzionare un certo carattere generale della organizzazione animale, poichè la sua importanza, quantunque ancor più indiretta, è assai significativa. Sotto uno dei suoi aspetti un animale è un apparato per la moltiplicazione delle energie — un

(1) Questa interpretazione si dice che sia dimostrata non vera dal fatto che l'idrato di carbonio contenuto nel muscolo ammonta soltanto a circa 1.5 dei solidi totali. Non vedo come questa affermazione sia conciliabile con l'affermazione citata tre pagine addietro del Prof. Michael Foster, che i depositi di glicogeno contenuti nel fegato e nei muscoli possono essere confrontati con i depositi in una banca centrale e nelle banche filiali.

sistema di strumenti mediante il quale una piccola somma di moto inizia una somma di moto più grande, e questa di nuovo una somma ancor più grande. Vi sono strutture le quali fanno ciò meccanicamente ed altre che lo fanno chimicamente.

Associati con le terminazioni periferiche dei nervi del tatto vi sono certi piccoli corpi — *corpuscula tactus* — ciascuno dei quali, quando è disturbato da qualche cosa in contatto con la pelle, preme sulla fibra adiacente più fortemente di quello che non farebbe il tessuto molle, e moltiplica in tal guisa la forza che produce la sensazione. Mentre servono all'ulteriore scopo di toccare a una certa distanza, le *vibrisse* o baffi di un animale felino conseguono un fine simile in una maniera più efficace. La porzione esterna di ciascuna setola agisce come il braccio lungo di una leva, e la porzione interna come il braccio corto. Il risultato è che un lieve urto alla estremità esterna della setola produce una pressione considerevole della estremità interna sul nervo terminale: intensificando così la sensazione. Negli organi uditivi di vari tipi inferiori di animali, gli otoliti in contatto con i nervi uditivi, quando sono colpiti da onde sonore, dànno ai nervi impressioni assai più forti di quelle che questi avrebbero, se fossero semplicemente immersi nel tessuto lento; e nelle orecchie di esseri sviluppati esistono meccanismi più elaborati per aumentare gli effetti delle vibrazioni aeree. Da questa moltiplicazione delle azioni delle masse passiamo alla moltiplicazione delle azioni molecolari. La retina è costituita di minuti bastoncini e coni, avvicinati gli uni agli altri in modo che le parti separate delle immagini degli oggetti possono separatamente influire su di essi. Siccome ciascuno di essi non è che $\frac{1}{10.000}$ di pollice in diametro, le ondulazioni eteree che vi cadono sopra possono produrre una somma di cambiamento quasi infinitesimale — una somma probabilmente incapace di eccitare un centro nervoso, o in vero di superare l'inerzia molecolare del nervo che ad esso conduce. Ma in stretta prossimità vi sono strati di granelli in cui i bastoncini e i coni mandano fibre, e oltre a questi, alla distanza di circa $\frac{1}{100}$ di pollice dallo strato retinico, giacciono cellule gangliari, in ciascuna delle quali un piccolissimo perturbamento può prontamente sviluppare un perturbamento più grande; così che per moltiplicazione, singola o forse doppia, si produce una forza sufficiente per eccitare la fibra connessa col centro della visione. Tale, almeno, giudicando dalle esigenze e dalla struttura, sembra a me l'interpretazione probabile del processo visivo; benchè io non so se essa sia l'interpretazione accettata.

Ma ora, tenendo in mente il concetto reso chiaro dai primi casi e suggerito dall'ultimo, noi apprezzeremo fino a quale grado sia impiegato questo metodo fisiologico generale, come lo possiamo chiamare. L'azione convulsiva cagionata dal solletico lo mostra in modo evidente. Una somma estremamente piccola di cambiamento molecolare nelle terminazioni dei nervi produce una somma immensa di cambiamento molecolare, e risultante moto complessivo nei muscoli. Ciò si vede specialmente in un individuo il cui midollo spinale è stato così danneggiato ch'esso non trasferisce più le sensazioni dai membri inferiori al cervello; e in cui, tuttavia, il solletico del piede produce azioni convulsive delle gambe più violenti anche di quelle che risultano quando esiste la sensazione: il che prova chiaramente che siccome il piccolo cambiamento molecolare prodotto dal solletico nelle terminazioni dei nervi non può essere equivalente in quantità alla somma manifestata nella contrazione muscolare, vi dev'essere una moltiplicazione di esso in quelle parti del midollo spinale donde derivano gli stimoli riflessi ai muscoli.

Ritornando ora alla questione del metabolismo, possiamo vedere che i processi di moltiplicazione che, come si è sopra supposto, ànno luogo nei muscoli, sono analoghi nella loro natura generale a vari altri processi fisiologici. Spingendo un po' più oltre la similitudine adoperata nel § 15, e tornando indietro ai tempi quando i detonatori, benchè adoperati per le armi piccole, non erano adoperati per l'artiglieria, possiamo confrontare il processo metabolico nel muscolo a quello che avrebbe luogo se una pistola fosse sparata contro il punto di accensione della miccia di un cannone carico: in cui la capsula esploderebbe la pistola e la pistola il cannone. Infatti nel caso del muscolo, si suppone che una scarica nervosa operi in certi proteidi instabili, attraverso i quali sono distribuite le estremità dei nervi, una piccola somma di cambiamento molecolare; che l'urto di questo cagioni un'assai più grande somma di cambiamento molecolare nell'idrato di carbonio diffusovi, con concomitante ossidazione del suo carbonio; e che il calore liberato dia origine a una trasformazione, probabilmente isomerica, nella sostanza contrattile della fibra muscolare: una interpretazione appoggiata da casi in cui piccoli elevamenti e abbassamenti di temperatura producono cambiamenti isomerici alternantisi; come mostra il sale di Mensel.

Ponendo qui termine a questa esposizione, un poco troppo speculativa e che arriva a particolari non adatti a un'opera di questo genere, è sufficiente notare i fatti più generali concernenti il metabolismo. Considerato nel suo complesso esso include, in primo luogo, quei processi

anabolici o costruttivi che caratterizzano specialmente le piante, durante i quali gli urti delle ondulazioni eteree sono immagazzinati in molecole composte di specie instabili; e include, in secondo luogo, quei cambiamenti catabolici o discendenti che caratterizzano gli animali, durante i quali questo moto molecolare accumulato (contenuto nel cibo direttamente o indirettamente fornito dalle piante) in larga misura si trasforma in quei moti delle masse che costituiscono le attività animali. Vi sono molteplici specie minori di cambiamenti metabolici che sono sussidiarii di questi — molti cambiamenti catabolici nelle piante e molti cambiamenti anabolici negli animali — ma questi sono gli essenziali (1).

---

(1) Prima di lasciare l'argomento osserverò che la dottrina del metabolismo è al presente nella sua fase primitiva, e che le conclusioni prevalenti si dovrebbero accogliere con riserva. Per mostrare questa necessità si può ricordare un fatto anomalo. Fu ritenuto per molto tempo che la gelatina sia di poco valore come cibo, e benchè essa sia ora riconosciuta come valevole perchè serve agli stessi scopi dei grassi e degli idrati di carbonio, si ritiene ancora come priva di valore per scopi di struttura (salvo per alcuni tessuti inattivi); e questa estimazione si accorda col fatto ch'essa è un composto azotato relativamente stabile, e perciò disadatto a quelle funzoni eseguite dai composti azotati instabili nei tessuti muscolari e altri tessuti. Ma se ciò è vero, sembra una conseguenza necessaria che certe sostanze come i capelli, la lana, le piume, e tutte le formazioni dermiche chimicamente affini alla gelatina, e anche più stabili, dovrebbero essere egualmente o maggiormente prive di valor nutritivo. In tal caso, tuttavia, che cosa dobbiamo dire della larva del tarlo dei vestiti, che vive esclusivamente di una o l'altra di queste sostanze, e di essa forma tutti quei composti azotati instabili necessari per conservare la sua vita e sviluppare i suoi tessuti? O, ancora, come abbiamo noi da comprendere la nutrizione del verme dei libri, il quale, nelle pagine macchiate dal tempo attraverso cui esso scava, non trova alcun proteide salvo quello contenuto nella colla asciutta, che è una forma di gelatina; o, in fine, in quale forma è ottenuta la somma richiesta di sostanza azotata dalla larva del coleottero che mangiando fa buchi nel legno vecchio di un secolo?

CAPITOLO IV (1).

Concetto approssimativo della vita.

§ **24.** A coloro che accettano la dottrina generale dell'Evoluzione occorre appena far osservare che le classificazioni sono concetti subiettivi, che non ànno nella Natura delimitazioni assolute ad essi corrispondenti. Esse sono strumenti mediante i quali noi limitiamo e ordiniamo le materie oggetto d'investigazione; e così facilitiamo il nostro pensare. Per conseguenza, quando noi tentiamo di definire alcunchè di complesso, o facciamo una generalizzazione di fatti che non siano i più semplici, non possiamo quasi mai evitare d'includere più di quello che intendevamo, o di lasciar fuori qualche cosa che vi si dovrebbe comprendere. Così accade che cercando un'idea definita della Vita, abbiamo gran difficoltà a trovarne una che sia nè più nè meno che sufficiente. Diamo ora uno sguardo ad alcune delle definizioni più sostenibili che sono state formulate; e poi riconoscendo per quali rispetti esse sono difettose, vedremo quali esigenze deve adempiere una definizione più soddisfacente.

Schelling disse che la Vita è la tendenza all'individuazione. Questa formula, finchè non è studiata, esprime poco. Ma basta che noi la consideriamo soltanto come illustrata dai fatti dello sviluppo, o dai contrasti fra le forme inferiori e superiori di vita, per riconoscere il suo significato; specialmente per riguardo alla comprensività. Come si è

---

(1) Questo capitolo e i due successivi apparvero originariamente nella Parte III della edizione originaria dei *Principii di Psicologia* (1855): formando un preliminare il quale, benchè indispensabile all'argomento ivi svolto, rappresentava come una parentesi. Dovendo ora trattare la scienza generale della Biologia prima di quella più speciale della Psicologia, diventa possibile trasferire questi capitoli al loro proprio posto.

già mostrato, tuttavia (*Primi Principii*, § 56), ad essa si possono muovere obbiezioni; in parte per la ragione ch'essa si riferisce non tanto ai cambiamenti funzionali che costituiscono la Vita, quanto ai cambiamenti di struttura di quegli aggregati di materia che manifestano la Vita, e in parte per la ragione ch'essa include sotto la idea di Vita molto che noi per solito escludiamo da essa: per esempio — la cristallizzazione.

La definizione del Richerand — « La Vita è una collezione di fenomeni che si succedono l'uno all'altro durante un tempo limitato in un corpo organizzato » — è esposta alla critica fatale, che essa si applica egualmente alla decomposizione che procede dopo la morte. Poichè anche questa è « una collezione di fenomeni che si succedono l'uno all'altro durante un tempo limitato in un corpo organizzato ».

« La Vita », secondo il De Blainville, « è il duplice movimento interno di composizione e decomposizione, a un tempo generale e continuo ». Questo concetto è per alcuni rispetti troppo stretto, e per altri rispetti troppo ampio. Da un lato, mentre esprime ciò che i fisiologi distinguono come vita vegetativa, esso non indica quelle funzioni nervose e muscolari che formano le classi più notevoli e distintive di fenomeni vitali. Da l'altro lato, esso descrive non solo il processo d'integrazione e disintegrazione che à luogo in un corpo vivente, ma egualmente bene descrive quelli che ànno luogo in una batteria galvanica; che altresì presenta un « duplice movimento interno di composizione e decomposizione, a un tempo generale e continuo ».

Altrove, io stesso ò proposto di definire la Vita come « la coordinazione delle azioni » (1). Questa definizione à alcuni vantaggi. Essa include tutti i cambiamenti organici, egualmente dei visceri, delle membra, e del cervello. Esclude la grande massa dei cambiamenti inorganici; che rivelano poca o nessuna coordinazione. Col fare della coordinazione il carattere specifico della vitalità, essa implica le verità, che un arresto di coordinazione è la morte, e che una coordinazione imperfetta è malattia. Di più, essa è in armonia con le nostre idee ordinarie della vita ne' suoi differenti gradi; visto che gli organismi che noi consideriamo come bassi nel loro grado di vita, sono quelli che manifestano soltanto poca coordinazione di azioni; e visto che da questi fino all'uomo, l'aumento riconosciuto nel grado di vita corrisponde con un

(1) Vedi *Westminster Review* dell'aprile 1852, art. IV: « Una teoria della popolazione ».

aumento nella estensione e complessità delle coordinazioni. Ma al pari delle altre, questa definizione include troppo. Si può dire del sistema solare, con i suoi movimenti regolarmente ricorrenti e con le sue perturbazioni equilibrantisi, che esso pure presenta una coordinazione di azioni.

E per quanto si possa plausibilmente argomentare che, in astratto, i moti dei pianeti e dei satelliti sono così propriamente compresi nella idea della vita come i cambiamenti che procedono in un seme immobile, insensibile: tuttavia, si deve ammettere ch'essi sono estranei a quella idea com'è comunemente accettata, e come si deve qui formolare.

Rimane da aggiungere la definizione suggerita in seguito da G. H. Lewes — « la Vita è una serie di cambiamenti definiti e successivi, tanto di struttura quanto di composizione, che ànno luogo entro un individuo senza distruggere la sua identità ». L'ultimo fatto che questa affermazione porta in vista — la persistenza di un organismo vivente come un tutto, malgrado la continua rimozione e sostituzione delle sue parti — è importante. Ma altrimenti si può argomentare che, siccome i cambiamenti di struttura e di composizione, benchè concomitanti delle azioni muscolari e nervose, non sono le stesse azioni muscolari e nervose, la definizione esclude i movimenti più visibili con i quali è sopra tutto associata la nostra idea della Vita; e inoltre che, nel descrivere i cambiamenti vitali come *una serie*, essa include appena il fatto che molti di essi, come la Nutrizione, la Circolazione, la Respirazione, e la Secrezione, nelle loro molte suddivisioni, procedono simultaneamente.

Così, per quanto bene ciascuna di queste definizioni esprima i fenomeni della vita sotto alcuni de' suoi aspetti, nessuna di esse è più che approssimativamente vera. Può essere che si trovi che una formola la quale resista ad ogni prova è impossibile. Intanto è possibile costruire una formola più adeguata di ognuna delle precedenti. Come noi or ora troveremo, tutte queste omettono una particolarità essenziale dei cambiamenti vitali in genere — una particolarità la quale, forse più di qualunque altra, li distingue dai cambiamenti non-vitali. Prima di specificare questa particolarità, tuttavia, sarà bene di aprirsi la via, a passo a passo, a una idea della Vita così completa come può essere raggiunta dal nostro presente punto di vista; e facendo ciò noi egualmente vedremo la necessità di ciascuna limitazione come essa è stabilita, e saremo da ultimo condotti a sentire il bisogno di una ulteriore limitazione.

E quì, come il miglior modo di determinare quali sono i caratteri che distinguono la vitalità dalla non vitalità, faremo bene a confrontare le due specie più dissimili di vitalità, e vedere in che cosa esse

si accordano. Manifestamente, ciò che è essenziale alla Vita dev'essere ciò che è comune a tutti gli ordini di Vita. E manifestamente, ciò che è comune a tutte le forme di Vita, si vedrà nel modo più facile ponendo a contrasto quelle forme di Vita che ànno il minimo possibile in comune, e sono le più dissimili (1).

§ **25.** Scegliendo, dunque, l'assimilazione per nostro esempio della Vita corporea, e il ragionamento per nostro esempio della Vita conosciuta come intelligenza; è anzi tutto da osservare ch'essi sono ambedue processi di cambiamento. Senza cambiamento il cibo non può essere preso nel sangue nè trasformato in tessuto; senza cambiamento, non si può andare in alcun modo dalle premesse alla conclusione. Ed è questa manifestazione cospicua di cambiamenti che forma il sostrato della nostra idea della Vita in generale. Senza dubbio vediamo innumerevoli cambiamenti a cui non si annette alcuna nozione di vitalità. I corpi inorganici sono continuamente soggetti a cambiamenti di temperatura, cambiamenti di colore, cambiamenti di aggregazione; e altresì i corpi organici in decomposizione. Ma si ammetterà che i fenomeni manifestati dai corpi inanimati sono per la più gran parte statici e non dinamici; che le modificazioni dei corpi inanimati sono per lo più lente e poco percettibili; che da un lato, quando scorgiamo movimenti improvvisi nei corpi inanimati, siamo disposti a supporre meccanismi viventi, e dall'altro lato, quando non vediamo movimenti nei corpi viventi, siamo disposti a supporre la morte. Manifestamente dunque, qualunque siano le limitazioni richieste, una idea vera della vita dev'essere un'idea di qualche specie di cambiamento o cambiamenti.

Continuando a confrontare l'assimilazione e il ragionamento, allo scopo di vedere per qual rispetto i cambiamenti manifestati in ambedue differiscono dai cambiamenti non vitali, troviamo che essi differiscono nel non essere cambiamenti semplici; in ciascun caso essi sono cambiamenti *successivi*. La trasformazione del cibo in tessuto implica masticazione, deglutizione, chimificazione, chilificazione, assorbimento, e quelle varie azioni che ànno luogo dopo che i chiliferi ànno versato il loro con-

(1) Questo paragrafo sostituisce una frase che, nei *Principii di Psicologia*, accennava a un capitolo precedente sul « Metodo »; in cui il modo di procedere qui indicato era esposto come un modo da essere sistematicamente seguito nella scelta delle ipotesi. Questo capitolo sul Metodo è ora incluso, insieme con altra materia, in un volume intitolato *Frammenti varii*.

tenuto nel sangue. La discussione di un argomento rende necessaria una lunga catena di stati di coscienza; ciascuno dei quali implica un cambiamento dello stato precedente. I cambiamenti inorganici, tuttavia, non offrono in alcun grado considerevole questa particolarità. Vero è che per cause meteorologiche i corpi inanimati vanno soggetti da un giorno all'altro, qualche volta da un'ora all'altra, a modificazioni di temperatura, di volume, di condizione igrometrica ed elettrica. Tuttavia non solo a queste modificazioni manca quella cospicuità e quella rapidità di successione che le vitali possiedono, ma le vitali formano una serie *addizionale*. I corpi viventi così come i non-viventi risentono l'azione delle influenze atmosferiche: e oltre i cambiamenti che queste producono, i corpi viventi offrono altri cambiamenti più numerosi e più spiccati. Così che, quantunque il cambiamento organico non si distingua rigorosamente da quello inorganico col presentare fasi successive, pure il cambiamento vitale sotto questo aspetto eccede tanto altre specie di cambiamento, che noi lo possiamo considerare come un carattere distintivo. La Vita, dunque, come in tal guisa rozzamente si differenzia, può essere considerata come un cambiamento che presenta fasi successive; o altrimenti, come una serie di cambiamenti. E si dovrebbe osservare, come un fatto che è in armonia con questo concetto, che quanto più elevata è la Vita tanto più notevoli sono le variazioni. Confrontando gli organismi inferiori con i superiori, si vedrà che questi ultimi manifestano cambiamenti più rapidi, o una serie più prolungata di essi, o l'una cosa e l'altra.

Prendendo di nuovo in considerazione i nostri due fenomeni tipici, noi possiamo vedere che il cambiamento vitale si distingue ulteriormente da quello non-vitale, in quanto è costituito di molti cambiamenti *simultanei*. La nutrizione non è semplicemente una serie di azioni, ma include molte azioni che vanno insieme. Durante la masticazione lo stomaco è occupato a digerire cibo già ingojato, sul quale esso versa fluidi solventi e impiega sforzi muscolari. Mentre lo stomaco è ancora attivo, gl'intestini eseguiscono le loro funzioni di secrezione, contrattili, e assorbenti; e allo stesso tempo che si sta digerendo un pasto, il nutrimento ottenuto da un pasto precedente si sta trasformando in tessuto. Lo stesso avviene, in un certo senso, nei cambiamenti mentali. Benchè gli stati di coscienza che costituiscono un argomento si presentino in serie, pure, siccome ciascuno di essi è complesso, un certo numero di cambiamenti simultanei ànno avuto luogo nello stabilirlo. Qui come prima, tuttavia, si deve ammettere che la distinzione tra l'animato e l'inanimato non è

precisa. Nessuna massa di materia morta può subire un'alterazione nella sua temperatura senza allo stesso tempo andar soggetta a un'alterazione nel volume, e qualche volta anche nello stato igrometrico. Un corpo inorganico non può essere compresso, senza essere allo stesso tempo mutato nella forma, nella disposizione atomica, nella temperatura, e nella condizione elettrica. E in un aggregato vasto e mobile come il mare, i cambiamenti simultanei così come i successivi superano di numero quelli che avvengono in un animale. Non di meno, generalmente parlando, una cosa vivente si distingue da una cosa morta per la moltiplicità dei cambiamenti che a ogni momento ànno luogo in essa. Inoltre, per questa particolarità, come per la precedente, non solo ciò che è vitale è più o meno chiaramente differenziato da ciò che non è vitale; ma gli esseri che possiedono un'alta vitalità sono differenziati da quelli che possiedono una vitalità bassa. Occorre soltanto porre a contrasto i molti organi che cooperano in un mammifero, con i pochi che cooperano in un polipo, per vedere che le azioni le quali progrediscono insieme nel corpo del primo, eccedono tanto di numero le azioni che progrediscono insieme nel corpo dell'ultimo, quanto queste eccedono quelle di un sasso. Com'è presentemente concepita, dunque, la Vita consiste di cambiamenti simultanei e successivi.

La continuazione del confronto mostra che i cambiamenti vitali, tanto viscerali quanto cerebrali, differiscono da gli altri cambiamenti per la loro *eterogeneità*. Nè gli atti simultanei nè gli atti successivi, che insieme costituiscono il processo della digestione, sono simili. Gli stati di coscienza compresi in qualunque raziocinio non sono ripetizioni l'uno dell'altro, o nella composizione o nei modi di dipendenza. I processi inorganici, dall'altro lato, anche quando sono simili a quelli organici nel numero dei cambiamenti simultanei e successivi ch'essi implicano, sono dissimili da essi nella relativa omogeneità di questi cambiamenti. Nel caso del mare, or ora ricordato, si può osservare che per quanto innumerevoli siano le azioni che procedono a ogni momento, esse sono per lo più azioni meccaniche che si assomigliano in un alto grado; e per questo rispetto differiscono ampiamente dalle azioni che ànno luogo a ogni momento in un organismo. Anche quando la vita è quasi simulata, come nell'attività di una macchina a vapore, vediamo che per quanto sia considerevole il numero dei cambiamenti simultanei, e per quanto rapidi siano i successivi, la regolarità con la quale essi presto ricorrono nello stesso ordine e grado, li rende dissimili da quei cambiamenti variati che offre un essere vivente. Pure questa particolarità, al pari delle prece-

denti, non divide con precisione le due classi di cambiamenti: poichè vi sono cose inanimate che presentano una considerevole eterogeneità di cambiamento: per esempio, una nube. Le variazioni di stato che questa subisce, tanto simultanee quanto successive, sono molte e rapide; ed esse differiscono ampiamente l'una da l'altra, così in qualità come in quantità. Nel medesimo istante si possono verificare cambiamento di posizione, cambiamento di forma, cambiamento di dimensione, cambiamento di densità, cambiamento di colore, cambiamento di temperatura, cambiamento di stato elettrico; e queste diverse specie di cambiamento sono continuamente manifestate in differenti gradi e combinazioni. Tuttavia quando osserviamo che assai pochi oggetti inorganici manifestano una eterogeneità di cambiamento comparabile a quella manifestata da gli oggetti organici, e inoltre, che nell'ascendere dalle forme basse alle alte di vita, incontriamo una crescente varietà nelle specie di cambiamenti presentati; vediamo che vi è qui una ulteriore distinzione fondamentale tra le azioni vitali e le non-vitali. Secondo questo concetto modificato, dunque, la Vita è costituita di cambiamenti eterogenei a un tempo simultanei e successivi.

Se, ora, cerchiamo qualche carattere comune ai processi nutritivi e logici, per cui essi si distinguono da quei processi inorganici che sono ad essi più somiglianti nella eterogeneità dei cambiamenti simultanei e successivi ch'essi comprendono, troviamo che si distinguono per la *combinazione* tra i cambiamenti costitutivi. Gli atti che formano la digestione sono mutuamente dipendenti. Quelli che compongono un ragionamento sono in stretta connessione. E, generalmente, è da osservare dei cambiamenti vitali, che ciascuno è reso possibile da tutti, e tutti subiscono l'influenza di ciascuno. La respirazione, la circolazione, l'assorbimento, la secrezione, nelle loro molteplici suddivisioni, sono collegate insieme. La contrazione muscolare implica cambiamento fisico, cambiamento di temperatura, e cambiamento nelle escrezioni. Il pensiero attivo influisce sulle operazioni dello stomaco, del cuore, dei reni. Ma questa unione non ci si presenta più tra le attività non vitali. Per quanto possa avere apparenza di vita l'azione di un vulcano rispetto alla eterogeneità de' suoi molti cambiamenti simultanei e successivi, essa non à apparenza di vita rispetto alla loro combinazione. Benchè i fenomeni chimici, meccanici, termici, ed elettrici presentati abbiano qualche inter-dipendenza, pure le emissioni di pietre, fango, lava, fiamme, ceneri, fumo, vapore, ànno luogo irregolarmente in quantità, ordine, intervalli, e modo di congiunzione. Anche qui, tuttavia, non si può dire che le cose inanimate

non presentino paralleli con quelle animate. Si può, ad esempio, prendere un ghiacciaio come quello che mostra quasi altrettanta combinazione nel suo cambiamento quanta ne mostra una pianta della più infima organizzazione. Esso va sempre crescendo e sempre dissolvendosi; e i gradi della sua composizione e decomposizione conservano un rapporto abbastanza costante. Esso si muove; e il suo moto è in dipendenza immediata dal suo disgelamento. Esso emette un torrente d'acqua, che, in comune col suo moto, è soggetto a variazioni annuali come accade nelle piante. Durante una parte dell'anno la superficie si scioglie e gela alternativamente; e da questi cambiamenti dipendono le variazioni nel movimento e nel flusso dell'acqua. Così abbiamo sviluppo, dissoluzione, cambiamenti di temperatura, cambiamenti di consistenza, cambiamenti di velocità, cambiamenti di escrezione, che procedono tutti connessi tra loro; e può veramente dirsi così di un ghiacciaio come di un animale, che in virtù di una incessante integrazione e disintegrazione esso a grado a grado subisce un intero cambiamento di sostanza senza perdere la sua individualità. Questo caso eccezionale, tuttavia, a mala pena si crederà che attenui quell'ampia distinzione dai processi inorganici, che i processi organici derivano dalla combinazione tra i loro cambiamenti costitutivi. E la realtà di questa distinzione diventa ancor più manifesta quando troviamo che, in comune con le precedenti, essa non solo separa il vivente dal non-vivente, ma altresì le cose che vivono poco dalle cose che vivono molto. Infatti mentre i cambiamenti che procedono in una pianta o in un zoofito sono così imperfettamente combinati ch'essi possono continuare dopo che quell'organismo è stato diviso in due o più pezzi, la combinazione tra i cambiamenti che ànno luogo in un mammifero è così stretta che nessuna parte tagliata dal resto può vivere, e qualsiasi perturbamento considerevole di una funzione principale cagiona una cessazione delle altre. Quindi, come noi ora la consideriamo, la Vita è una combinazione di cambiamenti eterogenei, a un tempo simultanei e successivi.

Quando ancora una volta cerchiamo un carattere comune a queste due specie di azione vitale, scorgiamo che le combinazioni di cambiamenti eterogenei, che le costituiscono, differiscono dalle poche combinazioni alle quali esse altrimenti rassomigliano, rispetto alla *determinatezza*. I cambiamenti associati che avvengono in un ghiacciaio sono suscettibili di una variazione indefinita. Sotto un'alterazione concepibile di clima, il suo disgelamento e il suo progressivo avanzamento possono essere arrestati per un milione d'anni, senza renderlo incapace di novamente mani-

festare questi fenomeni sotto condizioni appropriate. In seguito a uno sconvolgimento geologico, il suo moto può essere arrestato senza un arresto del disgelamento; o in seguito a un aumento nella inclinazione della superficie sopra la quale esso scivola, il suo moto può essere accelerato senza accelerare il suo grado di dissoluzione. Se le altre circostanze rimangono le stesse, un deposito più rapido di neve può cagionare un grosso aumento di volume; o, al contrario, l'accrescimento può del tutto cessare, e pure tutte le altre azioni continuare finchè la massa scompare. Qui, dunque, la combinazione nulla à di quella determinatezza che, in una pianta, contraddistingue la mutua dipendenza della respirazione, dell'assimilazione, e della circolazione; molto meno à quella determinatezza che si osserva nella mutua dipendenza delle principali funzioni animali; nessuna delle quali può esser variata senza variare le altre; nessuna delle quali può agire, se le altre non agiscono. Di più, questa determinatezza di combinazione distingue i cambiamenti che avvengono in un corpo vivente da quelli che avvengono in un corpo morto. La decomposizione offre cambiamenti tanto simultanei quanto successivi, che sono fino a un certo punto eterogenei, e in un certo senso combinati; ma essi non sono combinati in una maniera definita. Essi variano secondo che il mezzo circostante è aria, acqua, o terra. La loro natura altera con la temperatura. Se le condizioni locali sono dissimili, essi progrediscono differentemente in differenti parti della massa, senza mutua influenza. Essi possono terminare col produrre gas, o materia adiposa, o la sostanza asciutta di cui consistono le mummie. Essi possono durare pochi giorni o migliaja d'anni. Così, nè nei loro cambiamenti simultanei nè nei successivi, i corpi morti manifestano quella determinatezza di combinazione che caratterizza i viventi. Vero è che in alcuni esseri inferiori il ciclo dei cambiamenti successivi ammette una certa indeterminatezza — ch'esso può essere sospeso per un lungo periodo a causa di disseccamento o congelamento, e può in seguito procedere come se non vi fosse stata alcuna interruzione nella sua continuità. Ma la circostanza che soltanto in un ordine basso di vita i cambiamenti possono essere così modificati, serve unicamente a far supporre che, al pari delle precedenti caratteristiche, questa caratteristica della determinatezza ne' suoi cambiamenti combinati distingue l'alta vitalità dalla vitalità bassa, com'essa distingue la vitalità bassa dai processi inorganici. Quindi, la nostra formola nella sua espressione ulteriormente corretta corre così: — La vita è una combinazione definita di cambiamenti eterogenei, a un tempo simultanei e successivi.

Finalmente, noi esprimeremo ancor meglio i fatti se, invece di dire *una* combinazione definita di cambiamenti eterogenei, diciamo *la* combinazione definita di cambiamenti eterogenei. Com'essa sta presentemente, la definizione è difettosa tanto nel permettere che vi possano essere altre combinazioni definite di cambiamenti eterogenei, quanto nel dirigere l'attenzione ai cambiamenti eterogenei piuttosto che alla determinatezza della loro combinazione. Precisamente come non sono tanto i suoi elementi chimici che costituiscono un organismo, quanto l'ordinamento di essi in tessuti e organi speciali; così non sono tanto i cambiamenti eterogenei che costituiscono la Vita, quanto la coordinazione di essi. Si osservi che cosa è che cessa quando cessa la vita. In un corpo morto continuano ad aver luogo cambiamenti eterogenei, a un tempo simultanei e successivi. Che cosa dunque è scomparso? La combinazione definita è scomparsa. Si noti, pure, che per quanto siano eterogenei i cambiamenti simultanei e successivi presentati da un oggetto inorganico come un vulcano, noi tendiamo assai meno a pensare questo come vivente, che un orologio o una macchina a vapore, la quale, quantunque manifesti cambiamenti che, considerati per serie, sono largamente omogenei, li manifesta definitamente combinati. È questo un elemento così dominante nella nostra idea della Vita, che anche quando un oggetto è senza moto, pure, se le sue parti sono definitamente combinate, noi concludiamo o che esso à avuto vita, o che è stato fatto da qualche cosa avente vita. Così, dunque, concludiamo che la Vita è — *la* combinazione definita di cambiamenti eterogenei, a un tempo simultanei e successivi.

§ **26.** Tale è il concetto a cui noi arriviamo senza cambiare il nostro punto di vista. È, tuttavia, un concetto incompleto. Questa formola ultima (che è in una misura considerevole identica con un'altra data più sopra — « la coordinazione delle azioni »; vedendo che « combinazione definita » è sinonimo di « coordinazione », e che i « cambiamenti a un tempo simultanei e successivi » sono compresi sotto il termine « azioni »; ma che differisce da essa nello specificare il fatto, che le azioni o i cambiamenti sono « eterogenei ») — questa formola ultima, dico, dopo tutto non è altro che una rozza approssimazione. È vero che essa non riesce manchevole coll'includere l'accrescimento di un cristallo; poichè i successivi cambiamenti che questo implica non possono essere chiamati eterogenei. È vero che l'azione di una batteria galvanica non è compresa in essa; poichè qui, pure, l'eterogeneità non è offerta dai cam-

biamenti successivi. È vero che a causa di questa medesima qualificazione i moti del Sistema solare sono esclusi, come sono altresì quelli di un orologio e di una macchina a vapore. È vero, pure, che mentre, in virtù della loro eterogeneità, le azioni che procedono in una nuvola, in un vulcano, in un ghiacciajo, sodisfanno la definizione; esse escono da questa in quanto mancano di determinatezza di combinazione. È inoltre vero che questa determinatezza di combinazione distingue i cambiamenti che ànno luogo in un organismo durante la vita, da quelli che cominciano alla morte. E oltre a tutto ciò è vero che, come serve a separare, più o meno chiaramente, le azioni organiche dalle inorganiche, ciascun membro della definizione serve a separare le azioni che costituiscono un'alta vitalità da quelle che costituiscono una vitalità bassa; vedendo che la Vita è elevata in proporzione del numero di cambiamenti successivi che avvengono tra la nascita e la morte; in proporzione del numero di cambiamenti simultanei; in proporzione della eterogeneità dei cambiamenti; in proporzione della combinazione che esiste tra i cambiamenti; e in proporzione della determinatezza della loro combinazione. Non di meno, benchè essa corrisponda a tante esigenze, questa definizione è essenzialmente difettosa. *La combinazione definita di cambiamenti eterogeni, a un tempo simultanei e successivi,* è una formola che non riesce a richiamare alla mente un concetto adeguato. E non vi riesce perchè omette la particolarità più distintiva — la particolarità di cui noi abbiamo l'esperienza più familiare e con la quale la nostra nozione della Vita è, più che con qualunque altra, associata. Rimane ora da completare il concetto con l'aggiunta di questa particolarità.

CAPITOLO V.

La corrispondenza tra la Vita e l'ambiente.

§ **27.** Noi distinguiamo abitualmente tra un oggetto vivo e un oggetto morto, osservando se un cambiamento che noi facciamo nelle condizioni circostanti, o un cambiamento che la Natura fa in esse, è o non è seguito da qualche cambiamento percettibile nell'oggetto. Scoprendo che certe cose si ritraggono quando son toccate, o volano via quando sono avvicinate, o si scuotono quando si fa un rumore, il fanciullo prima rozzamente discerne tra il vivente e il non-vivente; e l'uomo, quando è in dubbio se un animale ch'egli sta osservando è morto o no, lo stuzzica col suo bastone; o se è a una certa distanza, grida, o lancia un sasso contro di esso. La vita vegetale e quella animale sono del pari primieramente riconosciute in virtù di questo processo. L'albero che mette fuori le foglie quando la primavera apporta un aumento di temperatura, il fiore che si apre e si chiude col sorgere e col tramontare del sole, la pianta che appassisce quando il suolo è asciutto e torna a erigersi quando è annacquato, si considerano viventi a causa di questi cambiamenti indotti; in comune con la ghianda di mare che si contrae quando un'ombra cade improvvisamente su di essa, il verme che viene alla superficie quando il terreno è continuamente scosso, e il riccio che si rotola su sè stesso quando è assalito.

Non solo, tuttavia, noi attendiamo qualche risposta quando uno stimolo esterno è applicato a un organismo vivente, ma ci aspettiamo che la risposta sia adatta. Le cose morte così come le viventi manifestano cambiamenti sotto certi cambiamenti di condizione: per esempio, un pezzo di carbonato di soda che si mette in effervescenza quando è lasciato cadere entro l'acido solforico; una corda che si contrae quando è ba-

gnata; un pezzo di pane che diventa bruno quando è tenuto vicino al fuoco. Ma in questi casi, noi non vediamo una connessione tra i cambiamenti subiti e la conservazione delle cose che li subiscono; o, per evitare qualsiasi presupposizione teleologica — i cambiamenti non ànno alcuna relazione apparente con gli eventi futuri che sicuramente o probabilmente avranno luogo. Nei cambiamenti vitali, tuttavia, tali relazioni sono manifeste. Essendo la luce necessaria alla vita vegetale, noi vediamo nell'azione di una pianta la quale, quando sta molto all'ombra, cresce verso il lato non ombreggiato, una corrispondenza che noi non vedremmo s'essa crescesse altrimenti. Evidentemente i procedimenti di un ragno il quale scappa fuori quando la sua tela è lievemente scossa, e vi rimane dentro quando lo scotimento è violento, conducono meglio al conseguimento del cibo e ad evitare il pericolo, che se fossero invertiti. Il fatto che noi sentiamo sorpresa quando, come nel caso di un uccello affascinato da una serpe, la condotta tende verso l'auto-distruzione, mostra subito come generalmente abbiamo osservato un adattamento dei cambiamenti vitali ai cambiamenti nelle circostanze esteriori.

Si deve menzionare una verità analoga, resa tanto familiare dalle infinite ripetizioni che noi ne dimentichiamo l'importanza. V'è invariabilmente, e necessariamente, una conformità tra le funzioni vitali di qualsiasi organismo e le condizioni in cui esso è posto — tra i processi che avvengono nell'interno di esso e i processi che avvengono al di fuori. Sappiamo che un pesce non può vivere lungamente nell'aria, o un uomo sott'acqua. Una quercia che cresce nell'oceano e un'alga marina sulla cima di un colle sono combinazioni incredibili d'idee. Troviamo che ogni genere di animale è limitato a una certa varietà di clima; ogni genere di pianta a certe zone di latitudine e di elevazione. Della flora e della fauna marina, ciascuna specie si trova soltanto tra tali e tali profondità. Alcuni esseri ciechi prosperano nelle oscure caverne; certi molluschi là dove sono alternativamente coperti e scoperti dalla marea; l'alga della neve rossa (*Protococcus sanguineus*) raramente altrove che nelle regioni artiche e tra i dirupi alpini.

Raggruppando insieme i casi prima ricordati, in cui un cambiamento particolare nelle condizioni esterne di un organismo è seguito da un cambiamento particolare in esso, e i casi ultimamente ricordati, in cui le azioni costanti che avvengono entro un organismo implicano certe azioni costanti che avvengono al di fuori di esso; vediamo che ne gli uni e ne gli altri i cambiamenti o processi manifestati da un corpo vivente sono specialmente in relazione con i cambiamenti o processi nel suo

ambiente. E qui abbiamo il supplemento necessario alla nostra concezione della Vita. Aggiungendo questa caratteristica di suprema importanza, la nostra concezione della Vita diventa — La combinazione definita di cambiamenti eterogenei, a un tempo simultanei e successivi, *in corrispondenza con le coesistenze e sequenze esterne*. Affinchè si possa scorgere tutta l'importanza di questa aggiunta, sarà necessario dare uno sguardo alla corrispondenza sotto alcuni de' suoi aspetti fondamentali (1).

§ **28.** Trascurando esigenze minori, le azioni che avvengono in una pianta presuppongono un mezzo circostante che contenga al meno acido carbonico e acqua, insieme con una giusta provvista di luce e una certa temperatura. Entro le foglie il carbonio è appropriato e l'ossigeno è espulso; al di fuori di esse, c'è il gas da cui è preso il carbonio, e gli agenti imponderabili che promuovono la sottrazione. Qualunque sia la natura del processo, è chiaro che vi sono elementi esterni pronti a subire riordinamenti speciali sotto speciali condizioni. È chiaro che la pianta alla luce del sole presenta queste condizioni, e così effettua questi riordinamenti. E così è chiaro che i cambiamenti, che primie-

---

(1) Parlando della « idea generale della *vita* » il Comte dice: — « Questa idea suppone, infatti, non solo quella di un essere organizzato in modo da comportare lo stato vitale, ma anche quella, non meno indispensabile, di un certo insieme d'influenze esterne adatte al suo compimento. Una tale armonia tra l'essere vivente e il mezzo corrispondente, caratterizza evidentemente la condizione fondamentale della vita ». Commentando la definizione della vita del De Blainville, da lui accettata, egli dice: — « Questa definizione luminosa mi pare che nulla lasci d'importante a desiderare, se non una indicazione più diretta e più esplicita di queste due condizioni fondamentali correlative, necessariamente inseparabili dallo stato vivente, un organismo determinato e un mezzo conveniente ». È strano che il Comte abbia così riconosciuto la necessità di un'armonia tra un organismo e il suo ambiente, come una condizione essenziale della vita, e non abbia visto che il mantenimento continuo di tali azioni interne che possano controbilanciare le azioni esterne *costituisce* la vita.

[Quando fu pubblicata l'edizione originaria, il Dr G. H. Bridges mi scrisse dicendo che, nella *Politique Positive*, il Comte aveva svolto ulteriormente il suo concetto. A pagina 413, negando « il preteso antagonismo dei corpi viventi verso i loro mezzi inorganici », egli dice: « in luogo di questo conflitto, si è bentosto riconosciuto che questa relazione necessaria costituisce una condizione fondamentale della vita reale, la cui nozione sistematica consiste in una intima conciliazione permanente tra la spontaneità interiore e la fatalità esterna ». Pure, questa « conciliazione *permanente* » sembra essere una « *condizione* » della vita; non quell'adattamento variabile di cambiamenti, nel mantenere il quale consiste la vita. In presenza di una ambiguità, l'interpretazione che si accorda con la sua precedente affermazione dev'essere scelta].

ramente costituiscono la vita della pianta, sono in corrispondenza con le coesistenze del suo ambiente.

Se, ancora, ci domandiamo rispetto al più infimo protozoo com'esso vive; la risposta è che mentre da un lato la sua sostanza è soggetta ad una disintegrazione, esso dall'altro lato assorbe nutrimento; e affinchè esso possa continuare ad esistere, l'un processo deve andare di pari passo con l'altro o superarlo. Se inoltre ci domandiamo sotto quali circostanze questi cambiamenti combinati sono possibili, si può replicare che il mezzo, in cui il protozoo è collocato, deve contenere ossigeno e nutrimento — l'ossigeno in tal quantità da produrre qualche disintegrazione; il nutrimento in tal quantità da permettere che la disintegrazione sia riparata. In altre parole — i due processi antagonistici, che ànno luogo internamente, suppongono esternamente la presenza di materiali aventi affinità che possono dare origine ad essi.

Lasciando quelle più infime forme animali che semplicemente introducono attraverso la loro superficie il nutrimento e i fluidi ossigenati che vengono in contatto con esse, passiamo a quelle forme alquanto più elevate i cui tessuti sono leggermente specializzati. In queste noi vediamo una corrispondenza tra certe azioni nel sacco digestivo, e le proprietà di certi corpi circostanti. Affinchè un essere di quest'ordine possa continuare a vivere, è necessario non solo che vi siano nell'ambiente masse di sostanza capaci di essere trasformate nel suo tessuto, ma altresì che la introduzione di queste masse nel suo stomaco sia seguita dalla secrezione di un fluido solvente che le ridurrà in uno stato adatto per l'assorbimento. Alle speciali proprietà esterne devono corrispondere speciali proprietà interne.

Quando, dal processo per cui il cibo è digerito, noi ci volgiamo al processo per cui esso è afferrato, ci si presenta la stessa verità generale. La facoltà di pungere e la forza contrattile del tentacolo di un polipo corrispondono alla sensibilità e al vigore de gli esseri che servono ad esso di preda. Se quel cambiamento esterno, che porta uno di questi esseri in contatto col tentacolo, non fosse rapidamente seguito da quei cambiamenti interni che risultano nell'avvolgersi e ritrarsi del tentacolo, il polipo morirebbe d'inanizione. I processi fondamentali d'integrazione e disintegrazione entro di esso non sarebbero più in corrispondenza con gli agenti e i processi che avvengono fuori di esso, e la vita cesserebbe.

Similmente, quando l'essere diventa così grande che il suo tessuto non può essere efficacemente fornito di nutrimento mediante il semplice assorbimento attraverso la sua membrana interna, o debitamente ossi-

genato mediante il contatto col fluido che bagna la sua superficie, sorge la necessità di un sistema distributore per mezzo del quale il nutrimento e l'ossigeno possano essere trasportati attraverso la massa; e le funzioni di questo sistema, essendo sussidiarie delle due funzioni primarie, formano anelli di unione nella corrispondenza tra le azioni interne e le esterne. Lo stesso è manifestamente vero di tutte quelle funzioni subordinate, di secrezione e di escrezione, che facilitano l'ossidazione e l'assimilazione.

Ascendendo dalle azioni viscerali alle azioni muscolari e nervose, troviamo la corrispondenza manifestata in una maniera ancora più ovvia. Ogni atto di locomozione implica il dispendio di certe forze interne, adatte per la somma e la direzione a equilibrare o superare certe forze esterne. Il riconoscimento di un oggetto è impossibile senza un'armonia tra i cambiamenti che costituiscono la percezione, e le proprietà particolari coesistenti nell'ambiente. Lo sfuggire ai nemici implica moti entro l'organismo, che per genere e rapidità sono in relazione con i moti al di fuori di esso. La distruzione della preda richiede una combinazione speciale di azioni subiettive, adatte in grado e successione a superare un gruppo di azioni obiettive. Ed è lo stesso di quegli innumerevoli processi automatici che costituiscono gl'istinti.

Nell'ordine più alto di cambiamenti vitali il medesimo fatto è egualmente manifesto. La generalizzazione empirica, che guida il fittaiuolo nella rotazione delle semine, serve a portare le sue azioni in accordo con certe azioni che avvengono nelle piante e nel suolo. Le deduzioni razionali del navigante istruito, il quale calcola la sua posizione nel mare, formano una serie di atti mentali per cui i suoi procedimenti sono conformati alle circostanze ambienti. Tanto nelle più semplici conclusioni del fanciullo quanto nelle più complesse dello scienziato, troviamo una corrispondenza tra i cambiamenti simultanei e successivi nell'organismo e le coesistenze e sequenze nel suo ambiente.

§ **29.** Questa formola generale, che in tal guisa include i più infimi processi vegetali insieme con le più alte manifestazioni della umana intelligenza, darà forse luogo ad alcune critiche, a cui è desiderabile qui di rispondere.

Si può pensare che vi siano ancora alcune poche azioni inorganiche incluse nella definizione; come, per esempio, quella manifestata dal «barometro delle tempeste» a torto così chiamato. La cristallizzazione a forma di piume che, in seguito a un certo cambiamento di temperatura,

à luogo nella soluzione ch'esso contiene, e che in seguito si dissolve per riapparire in nuove forme sotto nuove condizioni, si può ritenere che presenti cambiamenti simultanei e successivi, i quali sono in qualche misura eterogenei, si verificano con qualche determinatezza di combinazione e, sopra tutto, si verificano in apparente corrispondenza con i cambiamenti esterni. In questo caso la vita vegetale è simulata in una misura considerevole; ma essa è *meramente* simulata. La relazione tra i fenomeni che avvengono nel detto termometro e nell'atmosfera rispettivamente, non è affatto una corrispondenza, nel senso proprio della parola. Al di fuori vi è un cambiamento termico; nell'interno vi è un cambiamento di disposizione atomica. Al di fuori vi è un altro cambiamento termico; nell'interno vi è un altro cambiamento di disposizione atomica. Ma per quanto sia precisa la dipendenza di ciascun cambiamento interno da ciascun cambiamento esterno, la connessione tra essi non differisce, in astratto, dalla connessione tra il moto di una paglia e il moto del vento che la disturba. Nell'un caso e nell'altro un cambiamento produce un cambiamento, e qui tutto finisce. L'alterazione operata da qualche agente circostante su questo, o qualsiasi altro oggetto inanimato, non tende a indurre in esso un'alterazione secondaria che anticipa qualche alterazione secondaria nell'ambiente. Ma in ogni corpo vivente vi è una tendenza verso alterazioni secondarie di questa natura; ed è nella produzione di esse che consiste la corrispondenza. La differenza può meglio essere espressa mediante simboli. Sia A un cambiamento nell'ambiente, e B qualche cambiamento risultante in una massa inorganica. Allora dopo che A à prodotto B, l'azione cessa. Benchè il cambiamento A nell'ambiente sia seguito in esso da qualche cambiamento conseguente a; nessuna sequenza parallela nella massa inorganica simultaneamente genera in essa qualche cambiamento b che abbia riferimento al cambiamento a. Ma se noi prendiamo un corpo vivente dalla organizzazione adatta, e facciamo sì che il cambiamento A imprima su di esso qualche cambiamento C; allora, mentre nell'ambiente A suscita a, nel corpo vivente C susciterà c; di cui a e c mostreranno una certa concordanza in tempo, luogo o intensità. E mentre è *nella* continua produzione di tali concordanze o corrispondenze che la Vita consiste, è *mediante* la continua produzione di esse che la Vita è mantenuta.

L'ulteriore critica da aspettarsi concerne certe imperfezioni verbali nella definizione, che sembra impossibile evitare. Si può con ragione sostenere che la parola *corrispondenza* non includerà, senza sforzare il

significato, le varie relazioni ch'essa deve esprimere. Si può domandare: — Come possono i continui *processi* di assimilazione e respirazione corrispondere con la *coesistenza* del cibo e dell'ossigeno nell'ambiente? o ancora: — Come può l'atto della secrezione di qualche fluido difensivo corrispondere con qualche pericolo esterno che può non aver luogo mai? o ancora: — Come possono i fenomeni *dinamici* costituenti la percezione corrispondere con i fenomeni *statici* del corpo solido percepito? L'unica risposta è, che noi non abbiamo una parola sufficientemente generale per comprendere tutte le forme di questa relazione tra l'organismo e il suo mezzo, e pure sufficientemente generale per dare un'idea adeguata della relazione; e che la parola *corrispondenza* sembra la meno esposta a obiezioni. Il fatto che si deve esprimere in tutti i casi è che certi cambiamenti, continui o discontinui, nell'organismo sono connessi in una tal maniera che nella loro somma, o nelle variazioni, o nei periodi di manifestazione, o nei modi di successione, essi ànno un riferimento ad azioni esterne, costanti o periodiche, effettive o potenziali — un riferimento tale che una relazione definita tra membri qualunque di un gruppo implica una relazione definita tra certi membri dell'altro gruppo.

§ **30.** La presentazione dei fenomeni sotto questa forma generale induce a pensare che la nostra concezione della vita può esser ridotta alla sua forma più astratta considerando i suoi elementi come relazioni soltanto. Se il grado di assimilazione di un essere è accresciuto in conseguenza di una diminuzione di temperatura nell'ambiente, gli è che la relazione tra il cibo consumato e il calore prodotto è ristabilita moltiplicando ambedue i suoi membri, in modo che la relazione alterata nell'ambiente tra la quantità di calore assorbito da corpi di una data temperatura e ad essi irradiato sia controbilanciata. Se un suono o un odore portato dalla brezza induce il cervo a fuggire rapidamente dal cacciatore, gli è che esiste nelle sue vicinanze una relazione tra una certa proprietà sensibile e certe azioni pericolose al cervo, mentre nel suo corpo esiste una relazione adattata tra l'impressione che questa proprietà sensibile produce, e le azioni per mezzo delle quali esso può sfuggire al pericolo. Se la indagine à condotto il chimico a una legge che lo pone in grado di dire quanto di un elemento qualunque si combinerà con tanto di un altro, gli è che si sono in lui stabilite relazioni mentali specifiche, che concordano con relazioni chimiche speciali nelle cose circostanti. Visto, dunque, che in tutti i casi noi possiamo consi-

derare i fenomeni esterni come semplicemente in relazione, e i fenomeni interni altresì come semplicemente in relazione; la nostra concezione della Vita sotto il suo aspetto più astratto sarà — *Il continuo adattamento delle relazioni interne alle relazioni esterne* (1).

Mentre è più semplice, questa formola à l'ulteriore vantaggio di essere alquanto più comprensiva. Dire ch'essa include non solo quelle combinazioni definite di cambiamenti simultanei e successivi in un organismo, che corrispondono alle coesistenze e sequenze nell'ambiente, ma altresì quelle disposizioni di struttura che *rendono capace* l'organismo di adattare le sue azioni alle azioni dell'ambiente, è andar trop-p'oltre; poichè quantunque queste disposizioni di struttura presentino relazioni interne adattate alle esterne, pure non si può ritenere che l'*adattamento continuo* delle relazioni includa un *adattamento fisso* già compiuto. La Vita, la quale è composta di fenomeni *dinamici*, non può esser descritta in termini che allo stesso tempo descrivano l'apparato che la manifesta, il quale presenta soltanto fenomeni *statici*. Ma mentre quest'antitesi serve a ricordarci che la distinzione tra l'organismo e le sue azioni è così ampia come quella tra Materia e Moto, essa allo stesso tempo attrae l'attenzione al fatto che, se le disposizioni di struttura dell'adulto non sono propriamente incluse nella definizione, vi sono tuttavia inclusi i processi di sviluppo mediante i quali quelle disposizioni furono stabilite. Infatti quel processo di evoluzione, durante il quale gli organi dell'embrione sono resi adatti alle loro funzioni future, è il graduale o continuo adattamento delle relazioni interne alle esterne. E inoltre, quelle modificazioni di struttura dell'organismo adulto che, in seguito a un cambiamento di clima, cambiamento di occupazione, cambiamento di cibo, producono qualche riordinamento nell'equilibrio organico, si possono similmente considerare come adattamenti progressivi o continui delle relazioni interne alle esterne. Così che non solo la definizione, nel modo com'è espressa, comprende tutte quelle attività, corporee e mentali, che costituiscono la nostra idea ordinaria della Vita; ma essa comprende altresì tanto quei processi di sviluppo per cui l'organismo è reso in generale adatto a tali attività, quanto quei processi posteriori di adattamento per cui esso è reso specialmente adatto alle sue attività speciali.

---

(1) Per la ulteriore elucidazione di questa dottrina generale, vedi *Primi Principii*, § 25.

Non di meno, una formola così astratta come questa è appena opportuna per il nostro presente scopo. Riservandola per l'uso dove è specialmente appropriata, sarà meglio comunemente impiegare il suo equivalente più concreto — considerare le relazioni interne come « combinazioni definite di cambiamenti simultanei e successivi »; le relazioni esterne come « coesistenze e sequenze »; e la connessione tra esse come una « corrispondenza ».

CAPITOLO VI.

Il grado di vita varia col grado di corrispondenza.

§ **31.** Già è stato dimostrato rispetto a ciascuno de gli altri elementi della definizione precedente che la vita è tanto più elevata quanto più quell'elemento è cospicuo; e ora è da osservare, che la stessa cosa è specialmente vera rispetto a questo ultimo elemento — la corrispondenza tra le relazioni interne ed esterne. È manifesto, *a priori*, che siccome i cambiamenti nello stato fisico dell'ambiente, come anche quelle azioni meccaniche e quelle variazioni del cibo utilizzabile che ànno luogo in esso, sono capaci di arrestare i processi che avvengono nell'organismo; e siccome i cambiamenti adattivi nell'organismo ànno l'effetto di controbilanciare direttamente o indirettamente questi cambiamenti nell'ambiente; ne segue che la vita dell'organismo sarà breve o lunga, bassa o elevata, secondo l'estensione in cui ai cambiamenti nell'ambiente fanno riscontro cambiamenti corrispondenti nell'organismo. Lasciando un margine per le perturbazioni, la vita continuerà soltanto finchè continua la corrispondenza; e sarà perfetta soltanto quando questa è perfetta. Per non indugiare su affermazioni generali, tuttavia, consideriamo questa verità sotto i suoi aspetti concreti.

§ **32.** Nella vita dell'ordine più infimo troviamo che soltanto alle più prevalenti coesistenze e sequenze nell'ambiente corrispondono cambiamenti simultanei e successivi nell'organismo. I processi vitali di una pianta manifestano un adattamento soltanto alla continua coesistenza di certi elementi e forze che circondano le sue radici e foglie; e variano solo con le variazioni prodotte in questi elementi e forze dal sole

— non risentono l'azione de gl'innumerevoli movimenti e contatti meccanici che avvengono all'intorno; salvo quando siano accidentalmente arrestati da questi. La vita di un verme è costituita di azioni che si riferiscono a poc'altro che le proprietà tangibili delle cose adiacenti. Tutti quei cambiamenti visibili e udibili che accadono vicino ad esso, e sono connessi con altri cambiamenti che possono tosto distruggerlo, passano inavvertiti — non producono in esso alcun cambiamento adatto: l'unico suo adattamento delle relazioni interne alle relazioni esterne di quest'ordine si vede quando esso fugge alla superficie, sentendo le vibrazioni prodotte da una talpa che s'avvicina. Per quanto siano adattati i procedimenti di un uccello a un numero assai più grande di coesistenze e sequenze nell'ambiente, riconoscibili mediante la vista, l'udito, l'odorato, e le loro combinazioni; e per quanto numerosi siano i pericoli ch'esso evita e i bisogni ch'esso adempie in virtù di questa estesa corrispondenza; esso non presenta affatto azioni come quelle per cui un essere umano ripara alle variazioni nella temperatura e nella provvista di cibo, derivanti dalle stagioni. E quando noi vediamo la pianta mangiata, il verme calpestato, l'uccello morto di fame; vediamo egualmente che la morte è un arresto di quella corrispondenza che esisteva, ch'essa avvenne quando vi fu nell'ambiente qualche cambiamento a cui l'organismo non fece alcun cambiamento corrispondente, e che quindi, così in brevità come in semplicità, la vita era tanto più incompleta quanto più incompleta era la corrispondenza. Il progresso verso una vita più lunga e più elevata implica evidentemente l'attitudine a rispondere a coesistenze e sequenze meno generali. Ogni passo in avanti deve consistere nell'aggiungere alle relazioni precedentemente adattate delle azioni o strutture, che l'organismo presenta, qualche ulteriore relazione parallela a una ulteriore relazione nell'ambiente. E la maggior corrispondenza in tal guisa stabilita deve, a parità di altre condizioni, mostrarsi in una maggiore complessità di vita e maggiore lunghezza di vita: una verità che sarà pienamente compresa ricordando la enorme vitalità che prevale tra gli esseri di bassa organizzazione, e il graduale aumento della longevità e la diminuzione della fecondità, che noi incontriamo ascendendo verso esseri sempre più sviluppati.

Devesi, tuttavia, osservare che mentre la lunghezza e la complessità della vita sono, in larga misura, associate — mentre una più estesa corrispondenza nei cambiamenti successivi implica comunemente un'accresciuta corrispondenza nei cambiamenti simultanei; pure non è uniformemente così. Tra le due grandi divisioni della vita — l'animale e la

vegetale — questo contrasto non vale in alcun modo. Un albero può vivere mille anni, benchè i cambiamenti simultanei che ànno luogo in esso corrispondano soltanto alle poche affinità chimiche nell'aria e nella terra, e benchè i suoi cambiamenti periodici corrispondano soltanto a quelli del giorno e della notte, del tempo e delle stagioni. Una testuggine, la quale in un dato tempo non presenta affatto il numero di azioni interne adattate alle esterne che un cane presenta, vive tuttavia assai più lungamente. All'albero col suo tronco massiccio e alla testuggine col suo guscio duro è risparmiata la necessità di rispondere a quelle molte azioni meccaniche circostanti, a cui gli organismi non protetti in tal guisa devono rispondere o morire; o piuttosto — l'albero e la testuggine manifestano nelle loro strutture certe semplici relazioni statiche adatte a resistere alle innumerevoli relazioni dinamiche esterne ad esse. Ma nonostante le limitazioni suggerite da questi casi, non occorre far altro che confrontare un fungo microscopico con una quercia, un animaluncolo con un pesce cane, un topo con un uomo, per riconoscere il fatto che questa crescente corrispondenza de' suoi cambiamenti con quelli dell'ambiente, che caratterizza la vita progressiva, abitualmente si dimostra allo stesso tempo in continuità e in complicazione.

Anche se la connessione tra la lunghezza della vita e la complessità di essa non fosse in tal guisa manifesta, sarebbe pur sempre vero che la vita è tanto più grande quanto più grande è la corrispondenza. Infatti se la lunga esistenza di un albero si consideri come equivalente a una somma considerevole di vita; allora si deve ammettere che la sua lunga manifestazione di corrispondenza è equivalente a una somma considerevole di corrispondenza. Se, altrimenti, si ritiene che nonostante la sua esistenza assai più breve, un cane deve occupare un posto superiore alla testuggine nel grado di vita a causa della sua attività superiore; allora si ammette implicitamente che la sua vita è più elevata perchè i suoi cambiamenti simultanei e successivi sono più complessi e più rapidi — perchè la corrispondenza è più grande. E siccome noi consideriamo come la vita più elevata quella la quale, come la nostra, mostra grande complessità nelle corrispondenze, grande rapidità nel loro succedersi, e grande lunghezza nella serie di esse; l'equivalenza tra il grado di vita e il grado di corrispondenza è indiscutibile.

§ **33.** Per ulteriore schiarimento di questa verità generale, e specialmente per spiegare le irregolarità or ora accennate, si deve far vedere che come la vita diventa più elevata, l'ambiente stesso diventa più

complesso. Benchè, letteralmente, l'ambiente significhi tutto lo spazio circostante con le coesistenze e le sequenze in esso contenute: pure, praticamente, esso spesso significa soltanto una piccola parte di ciò. L'ambiente di un entozoo si può appena dire che si estenda al di là del corpo dell'animale nel quale l'entozoo vive. Quello di un'alga d'acqua dolce è virtualmente limitato alla pozzanghera ch'essa abita. E, intendendo il termine in questo senso ristretto, vedremo che gli organismi superiori abitano gli ambienti più complicati.

Così posta a contrasto con la vita che si trova sulla terraferma, la vita più bassa è quella che si trova nel mare; ed essa à l'ambiente più semplice. Gli esseri marini sono sottoposti all'azione di un minor numero di coesistenze e sequenze che i terrestri. Essendo quasi della stessa gravità specifica del mezzo circostante, essi ànno da contendere con azioni meccaniche meno varie. L'anemone di mare fissato a un sasso e l'acalefo trasportato nella corrente non devono subire cambiamenti interni come quelli per cui il bruco si conforma a gli effetti variabili della gravitazione, mentre striscia sopra e sotto le foglie. Ancora, il mare non è soggetto ad alcuna di quelle estreme e rapide alterazioni di temperatura che l'aria soffre. La notte e il giorno non producono in esso modificazioni apprezzabili; ed esso risente comparativamente poco l'influsso delle stagioni. Così la fauna che esso contiene non mostra corrispondenze spiccate, simili a quelle per cui gli esseri che respirano l'aria fanno equilibrio ai cambiamenti termici. Inoltre, rispetto alla provvista di nutrimento, le condizioni sono più semplici. Le tribù inferiori di animali che abitano l'acqua, come le piante che abitano l'aria, aspettano che il cibo sia portato ad esse. La stessa corrente che porta l'ossigeno all'ostrica, le porta anche i microscopici organismi dei quali essa vive: la materia disintegrante e la materia da essere integrata, coesistono nella relazione più semplice. È altrimenti con gli animali di terraferma. L'ossigeno è ovunque; ma il sostentamento non è ovunque: esso dev'esser cercato; e le condizioni sotto le quali à da essere ottenuto sono più o meno complesse. È lo stesso di quel liquido per mezzo del quale sono promossi i processi vitali. A gli esseri marini l'acqua è sempre presente, e dai più infimi è passivamente assorbita; ma alla maggior parte de gli esseri che vivono sulla terra e nell'aria, essa è resa utilizzabile soltanto mediante quei cambiamenti nervosi che costituiscono la percezione, e mediante quelli muscolari per i quali si effettua l'atto del bere. Similmente, dopo aver seguito ascendendo da gli anfibii la sempre più ampia estensione e complessità che l'ambiente, com'è praticamente considerato,

assume — dopo aver osservato inoltre come la crescente eterogeneità nella flora e nella fauna del globo complica essa stessa progressivamente l'ambiente di ciascuna specie di organismo — si potrebbe finalmente mostrare che la stessa verità generale è manifestata nella storia dell'umanità, la quale, nel corso del suo progresso, è andata aggiungendo al suo ambiente fisico un ambiente sociale che sviluppandosi è divenuto sempre più complicato. Così, generalmente parlando, è chiaro che quelle relazioni nell'ambiente, a cui devono corrispondere relazioni nell'organismo, crescono esse stesse di numero e complessità a misura che la vita assume una forma più elevata.

§ **34.** Per rendere ancor più manifesto il fatto che il grado di vita varia come il grado di corrispondenza, mi sia permesso qui di far notare, che quelle altre distinzioni successivamente osservate, quando abbiamo posto a contrasto i cambiamenti vitali con i cambiamenti non vitali, sono tutte incluse in quest'ultima distinzione — la loro corrispondenza con le coesistenze e sequenze esterne; e inoltre, che il progressivo affermarsi di quelle altre distinzioni, che noi trovammo accompagnare la vita crescente, è compreso nel progressivo affermarsi di quest'ultima distinzione. Vedemmo che gli organismi viventi sono caratterizzati da cambiamenti successivi, e che a misura che la vita diventa più elevata, i cambiamenti successivi diventano più numerosi. Ebbene, l'ambiente è pieno di cambiamenti successivi, e quanto maggiore è la corrispondenza, tanto maggiore dev'essere il numero di cambiamenti successivi nell'organismo. Vedemmo che la vita presenta cambiamenti simultanei, e che quanto più elevata essa è, tanto più notevole è la molteplicità di essi. Ebbene, oltre alle innumerevoli coesistenze nell'ambiente, vi sono spesso molti cambiamenti che avvengono in esso allo stesso momento; e quindi un'accresciuta corrispondenza con esso implica nell'organismo un'accresciuta manifestazione di cambiamenti simultanei. Similmente dicasi della eterogeneità dei cambiamenti. Nell'ambiente le relazioni sono assai svariate nelle loro specie, e quindi, a misura che le azioni organiche vengono più e più in corrispondenza con esse, devono esse pure diventare più svariate. Lo stesso ancora avviene riguardo alla determinatezza di combinazione. Siccome i più importanti cambiamenti circostanti, cui ciascun animale à da contrastare, sono i cambiamenti combinati in modo definito che gli altri animali presentano, siano essi preda o nemici, ne risulta che la determinatezza di combinazione dev'essere una caratteristica generale di quei cambiamenti interni che ad

essi devono corrispondere. Così che in ogni caso la corrispondenza delle relazioni interne con le esterne è la cosa essenziale; e tutte le caratteristiche speciali delle relazioni interne non sono che i risultati collaterali di questa corrispondenza.

§§ **35, 36.** Prima di chiudere il capitolo, sarà utile confrontare la definizione della Vita qui esposta con la definizione della Evoluzione esposta nei *Primi Principii*. Siccome i corpi viventi sono i corpi che manifestano nel più alto grado i cambiamenti di struttura che costituiscono l'Evoluzione; e siccome la Vita è costituita dei cambiamenti funzionali che accompagnano questi cambiamenti di struttura; noi dovremmo trovare una certa armonia tra le definizioni dell'Evoluzione e della Vita. Una tale armonia non manca.

La prima distinzione che notammo tra la specie di cambiamento mostrato nella Vita, ed altre specie di cambiamento, fu il suo carattere di manifestazione a serie. Vedemmo che il cambiamento vitale è sostanzialmente dissimile da quello non-vitale, in quanto è costituito di cambiamenti *successivi*. Ora siccome i corpi organici rivelano in misura tanto maggiore dei corpi inorganici quelle continue differenziazioni e integrazioni che costituiscono l'Evoluzione; e siccome le ridistribuzioni della materia, in tal guisa spinte tanto oltre in un periodo comparativamente breve, implicano ridistribuzioni concomitanti del moto; è chiaro che in un tempo dato, i corpi organici devono subire cambiamenti comparativamente così numerosi da rendere il carattere successivo dei loro cambiamenti una caratteristica spiccata. E seguirà *a priori*, come trovammo che segue *a posteriori*, che gli organismi, i quali presentano l'Evoluzione nel più alto grado, presentano le successioni di cambiamenti più lunghe o più rapide, o l'uno e l'altro carattere insieme. Ancora, fu mostrato che il cambiamento vitale si distingue da quello non-vitale per essere formato di molti cambiamenti *simultanei*; e altresì che esseri i quali possiedono un'alta vitalità si separano da quelli che possiedono una vitalità bassa, in virtù del numero assai maggiore dei loro cambiamenti simultanei. Qui, pure, vi è intero accordo. Nei *Primi Principii*, § 156, noi giungemmo alla conclusione che una forza la quale cade su un aggregato qualsiasi è divisa in diverse forze; che quando l'aggregato consiste di parti che sono dissimili, ciascuna parte diventa un centro di differenziazioni dissimili della forza incidente; e che in tal guisa la moltiplicità di tali differenziazioni deve aumentare con la moltiplicità delle parti dissimili. Per conseguenza gli aggregati organici, i

quali come una classe si distinguono da quelli inorganici in virtù del numero più grande delle loro parti dissimili, devono altresì distinguersi da essi in virtù del numero più grande di cambiamenti simultanei ch'essi manifestano; e, inoltre, i più alti aggregati organici, avendo parti dissimili più numerose che quelli inferiori, devono andar soggetti a più numerosi cambiamenti simultanei. Trovammo poi che i cambiamenti i quali avvengono nei corpi viventi offrono un contrasto con quelli che avvengono in altri corpi, in quanto sono assai più *eterogenei*; e che i cambiamenti i quali avvengono nei corpi viventi superiori offrono similmente un contrasto con quelli che avvengono ne gl'inferiori. Ebbene, l'eterogeneità di funzione è correlativa alla eterogeneità di struttura; e la eterogeneità di struttura è la principale distinzione tra gli aggregati organici e inorganici, così come tra i più altamente organizzati e i più bassamente organizzati. Per reazione, una forza incidente dev'esser resa multiforme in proporzione della multiformità dell'aggregato su cui essa cade; e quindi quegli aggregati più multiformi, che rivelano nel più alto grado i fenomeni dell'Evoluzione considerata sotto l'aspetto della struttura, devono altresì manifestare nel più alto grado le azioni multiformi che costituiscono l'Evoluzione funzionalmente considerata. Questi cambiamenti eterogenei, presentati simultaneamente e in successione da un organismo vivente, si distinguono, come prova una ulteriore indagine, in virtù della loro *combinazione* da certi cambiamenti non vitali che li simulano. Qui, pure, il parallelismo è mantenuto. Fu dimostrato nei *Primi Principii*, cap. XIV, che una caratteristica essenziale dell'Evoluzione è la integrazione delle parti, che accompagna la loro differenziazione — una integrazione che si manifesta egualmente nella consolidazione di ciascuna parte, e nella unione di tutte le parti in un complesso unico. Quindi, i corpi animati, avendo una maggiore coordinazione di parti che quelli inanimati, devono offrire una maggiore coordinazione di cambiamenti; e questa maggiore coordinazione dei loro cambiamenti non solo deve distinguere gli aggregati organici da gl'inorganici, ma deve, per la stessa ragione, distinguere i più elevati organismi da quelli inferiori, come trovammo essere infatti. Ancora, si fece notare che i cambiamenti costituenti la Vita differiscono da gli altri cambiamenti nella *determinatezza* della loro combinazione, e che una distinzione simile di specie, benchè minore di grado, vale tra i cambiamenti vitali de gli esseri superiori e quelli de gli esseri inferiori. Anche questi contrasti sono in armonia con i contrasti rivelati dall'analisi dell'Evoluzione. Vedemmo (*Primi Principii*, §§ 129-137) che durante l'Evoluzione

vi è un aumento di determinatezza così come un aumento di eterogeneità. Vedemmo che la integrazione che accompagna la differenziazione à necessariamente l'effetto di aumentare la chiarezza con cui le parti sono separate l'una dall'altra, e che così dall'incoerente e indefinito sorge il coerente e definito. Ma un tutto coerente, costituito di parti definite definitamente combinate, deve presentare cambiamenti combinati in modo più definito che un tutto costituito di parti le quali non sono definite nè in sè stesse nè nella loro combinazione. Quindi, se i corpi viventi manifestano più de gli altri corpi questa determinatezza di struttura, allora la determinatezza della combinazione dev'essere una caratteristica dei cambiamenti che costituiscono la Vita, e deve altresì distinguere i cambiamenti vitali de gli organismi più alti da quelli de gli organismi inferiori. Finalmente, scoprimmo che tutte queste particolarità sono subordinate alla particolarità fondamentale, che i cambiamenti vitali ànno luogo in corrispondenza con le esterne coesistenze e sequenze, e che la Vita più alta è raggiunta, quando vi è qualche relazione interna di azioni adatta per rispondere ad ogni relazione esterna di azioni, da cui l'organismo può essere influito. Ma questo concetto della Vita più alta è in armonia col concetto, a cui antecedentemente si giunse, del limite dell'Evoluzione. Trattando dell'equilibrio come si manifesta ne gli organismi (*Primi Principii*, §§ 173, 174), fu fatto notare che la tendenza è verso lo stabilirsi di un equilibrio tra i cambiamenti interni e gli esterni. Fu dimostrato che «le disposizioni finali di struttura devono essere tali che risponderanno a tutte le forze agenti sull'aggregato, con forze antagonistiche equivalenti», e che «la conservazione di un equilibrio mobile» come quello che un organismo presenta, «richiede la genesi abituale di forze interne corrispondenti in numero, direzioni, e quantità, alle forze incidenti esterne — tante funzioni interne, singole o combinate, quante sono le azioni esterne singole o combinate da opporre». Fu dimostrato pure, che le relazioni tra le idee sono in un costante progresso verso un miglior adattamento tra le azioni mentali e quelle azioni nell'ambiente, a cui la condotta dev'essere adattata. Così che questa continua corrispondenza tra le relazioni interne e le esterne che costituisce la Vita, e la cui perfezione è la perfezione della Vita, risponde completamente a quello stato di equilibrio mobile organico che, come vedemmo, sorge nel corso dell'Evoluzione e tende a diventare sempre più completo.

CAPITOLO VI *A*.

L'elemento dinamico della Vita.

§ **36** *a*. Un confronto critico della formola precedente con i fatti prova ch'essa è deficiente in più modi. Guardiamo prima i fenomeni vitali che non vi sono inclusi.

Qualche sostanza irritante lasciata dall'ovipositore di un insetto fa sorgere sopra una pianta l'escrescenza morbosa che si chiama *galla*. I processi nella galla non corrispondono ad alcuna coesistenza o sequenza esterna che si riferisca alla vita della pianta — non mostrano relazioni interne adattate alle relazioni esterne. Pure non possiamo negare che la galla è vivente. Così pure è di un cancro entro o sopra il corpo di un animale. Le azioni che avvengono in esso non ànno alcun riferimento, diretto o indiretto, alle azioni nell'ambiente. Non di meno siamo costretti a dire ch'esse sono vitali; poichè esso si sviluppa e dopo un certo tempo muore e si decompone.

Impariamo qualche cosa di analogo quando dalle prove patologiche ci volgiamo alle prove fisiologiche. Le funzioni di taluni organi importanti possono ancora essere eseguite per un certo tempo indipendentemente da quelle del corpo come un tutto. Un fegato tagliato via, tenuto a una temperatura adatta e debitamente irrigato di sangue, secerne la bile. Ancor più sorprendente è l'azione indipendente del cuore. Se appartiene a un animale a sangue freddo, come una rana, il cuore, quando è distaccato, continua a battere, anche fino a che i suoi integumenti sono divenuti così asciutti ch'essi scricchiolano. Ora benchè sotto tali condizioni le sue pulsazioni, che ordinariamente formano una parte essenziale dei processi collegati per cui è mantenuta la corrispondenza tra le azioni interne ed esterne, non formino più parte di tali processi, dobbiamo ammettere che la continuazione di esse implica un'attività vitale.

I cambiamenti embriologici ci costringono a riconoscere la stessa verità. Che cosa dobbiamo dire delle ripetute fissioni cellulari per cui in alcuni tipi una blastula, o morula, è formata, e in altri casi un blastoderma? Nè questi processi nè le strutture che immediatamente risultano da essi mostrano alcuna corrispondenza con le coesistenze e le sequenze nell'ambiente; benchè essi siano i primi passi verso l'organizzazione che à da effettuare tali corrispondenze. Anche questa conferma estremamente piccola della definizione manca nei casi de gli organi rudimentari, e specialmente quegli organi rudimentari che dopo essere parzialmente formati sono assorbiti. Nessun adattamento può essere affermato tra le relazioni interne che questi presentano e qualunque relazione esterna. Le relazioni esterne, a cui si riferiscono, cessarono milioni di anni or sono. Pure, indiscutibilmente i cambiamenti che dànno luogo alla produzione e all'assorbimento di queste futili strutture sono cambiamenti vitali.

Si prenda un'altra classe di eccezioni. Che cosa dobbiamo dire di una risata? In essa non si può vedere alcuna corrispondenza, o parte di una corrispondenza, per cui le azioni interne siano stabilite onde fare equilibrio alle azioni esterne. O ancora, se, lavorando, un artigiano fischia, non si può dire che l'emissione dei suoni e la coordinazione delle idee che li governano, presentino un adattamento tra certe relazioni di idee e certe relazioni di cose. Tali specie di attività vitali giacciono interamente al di fuori della definizione data.

Ma forse la prova più chiara e più semplice è offerta dal contrasto tra le azioni muscolari volontarie e le involontarie. Ecco un falco il quale adatta i suoi mutevoli movimenti ai movimenti mutevoli di un piccione, in modo eventualmente da colpirlo: l'adattamento delle relazioni interne alle esterne è manifesto. Ecco un ragazzo in un accesso epilettico. Tra i suoi moti violenti e le coesistenze e sequenze intorno a lui non v'è una corrispondenza qualsiasi. Pure i suoi movimenti rivelano la vitalità precisamente così come i movimenti del falco. Gli uni e gli altri offrono quel principio di *attività* che costituisce l'elemento essenziale nella nostra concezione della vita.

§ **36** *b*. Evidentemente, dunque, i capitoli precedenti riguardano soltanto la *forma* del nostro concetto della vita e trascurano il *contenuto* di esso. Mentre la definizione raggiunta è in parte sufficiente a esprimere quella, essa fallisce interamente nell'esprimere questo. La vita si manifesta in modi che si conformano alla definizione; ma essa si

manifesta altresì in molti altri modi. Noi siamo costretti ad ammettere che l'elemento che è comune ai due gruppi di modi è l'elemento essenziale. L'elemento essenziale, dunque, è quel genere speciale di energia che si vede egualmente nelle solite classi di azioni vitali e in quelle classi insolite sopra citate.

Altrimenti presentando il contrasto, possiamo dire che sufficiente attenzione è stata posta alle connessioni tra le manifestazioni, mentre nessuna attenzione è stata posta a ciò che si manifesta. Quando si dice che la vita è «la corrispondenza definita di cambiamenti eterogenei, a un tempo simultanei e successivi, in corrispondenza con le coesistenze e sequenze esterne», sorge la questione — «Cambiamenti di che cosa?». Entro il corpo avvengono molti cambiamenti, meccanici, chimici o termici, nessuno dei quali è la specie di cambiamento in questione; e se noi combiniamo nel pensiero fino a dove ci è possibile queste specie di cambiamenti, in tal guisa che ciascuno mantenga il suo carattere come meccanico, chimico, o termico, non possiamo derivare da essi l'idea della Vita. Ancor più chiaramente vediamo questa insufficienza quando prendiamo la definizione più astratta — «l'adattamento continuo delle relazioni interne alle relazioni esterne». Relazioni tra quali cose? è la questione da domandarsi allora. Una relazione i cui termini non sono specificati non esprime un pensiero, ma meramente la forma vuota di un pensiero. Il suo valore è comparabile a quello di uno *chèque* su cui nessuna somma è scritta. Se si dice che i termini non possono essere specificati perchè si devono includere tante specie eterogenee di essi, allora viene la risposta che sotto il velo di questa incapacità di fare una specificazione dei termini, che sia adeguatamente comprensiva, è nascosta l'incapacità di concepire i termini richiesti in qualsiasi modo.

In tal guisa un'analisi critica della definizione ci conduce, in un altro modo, alla conclusione sopra raggiunta, che ciò che dà la sostanza alla nostra idea della Vita è un certo principio non specificato di attività. L'elemento dinamico nella Vita è il suo elemento essenziale.

§ **36** c. Sotto quale forma dobbiamo noi concepire questo elemento dinamico? È questo principio di attività inerente alla materia organica, o è esso qualche cosa di sopraggiunto? Di queste supposizioni alternative cominciamo con l'ultima.

Come ò osservato in un altro luogo, il valore di un'ipotesi può essere giudicato dalla sua genealogia; e così giudicata l'ipotesi di un principio vitale indipendente non si raccomanda. La sua storia ci conduce indietro

alla teoria de gli spiriti del selvaggio. Suggerita dalle esperienze dei sogni, sorge la credenza in un doppio — un secondo io che se ne va vagando durante il sonno ed à avventure, ma ritorna allo svegliarsi; che abbandona il corpo durante periodi d'insensibilità anormale prodotta da cause diverse; e che è assente per un lungo periodo alla morte, benchè anche allora si aspetta che debba eventualmente ritornare. Questo altro io dimorante nel corpo, che può abbandonare questo ad arbitrio, è in seguito considerato come capace di entrare nel corpo dei propri simili o de gli animali; o ancora, implicitamente, come soggetto a perdere il suo posto, usurpato dai doppi intrusi dei propri simili, viventi o morti, che cagionano convulsioni od altri mali. Insieme con questi svolgimenti la sua qualità cambia. Da prima pensato come del tutto materiale esso viene a grado a grado dematerializzato, e in tempi progrediti viene a essere considerato come spirito o alito; come vediamo ne gli antichi libri religiosi, dove l'atto del «render l'anima» è mostrato da una piccola figura fluttuante che emerge dalla bocca di un uomo morente. Questo secondo io dimorante nel corpo, sempre più concepito come l'io reale che adopera il corpo per i suoi propri scopi, è, col progresso dell'intelligenza, sempre più spogliato dei suoi caratteri definiti; e, dopo essersi trasformato nel linguaggio del Medio Evo ne gli «spiriti animali», finisce nei tempi posteriori coll'esser chiamato un principio vitale.

Interamente senza attributi assegnabili, questo qualche cosa si presenta nel pensiero non come una idea, ma come una pseudo-idea (*Primi Principii*, cap. II). Si pretende che sia rappresentabile, mentre è realmente irrappresentabile. Occorre soltanto insistere sulle risposte che si devono dare a certe questioni, per vedere ch'esso è semplicemente un nome per indicare una pretesa esistenza che non è stata concepita e non può essere concepita.

1. V'è forse una specie di principio vitale per tutte le specie di organismi, o v'è una specie separata per ciascuna? Affermare la prima alternativa è dire che vi è il medesimo principio vitale per un microbo come per una balena, per un verme solitario come per la persona in cui esso abita, per un protococco come per una quercia; anzi di più — è asserire una comunanza di principio vitale nell'uomo pensante e nella pianta non pensante. Inoltre, affermare l'unità del principio vitale per tutti gli organismi è ridurlo a una forza avente lo stesso carattere non individualizzato come una delle forze fisiche. Se, dall'altro lato, differenti specie di organismi ànno differenti specie di principii vitali, questi

devono essere in qualche modo distinti l'uno dall'altro. Distinti come? Manifestamente in virtù di attributi. Differiscono essi nell'estensione? Evidentemente; poichè altrimenti quello che anima la vasta *Sequoja* non può essere più grande di quello che anima una pianta del lievito, e per assicurare la vita di un elefante si richiede una quantità di principio vitale non maggiore di quella richiesta per una monade microscopica. *Differiscono* essi altrimenti che nella somma? Certamente; poichè in caso contrario ritorniamo all'alternativa precedente, la quale implica che la stessa qualità di principio vitale serve per tutti gli organismi, semplici e complessi: il principio vitale è una forza uniforme simile al calore o alla elettricità. Quindi, dunque, abbiamo da supporre che ogni specie di animale e di pianta abbia un principio vitale peculiare a sè — un principio adatto per adoperare il particolare sistema di strutture, in cui esso è contenuto. Ma osa qualcuno affermare questa moltiplicazione di principii vitali che raddoppia non solo tutte le piante e gli animali esistenti ma tutti i passati, e ammonta nel complesso ad alcuni milioni?

2. Come dobbiamo noi concepire quella genesi di un principio vitale, che deve andar parallela con la genesi di un organismo? Ecco un grano di polline, il quale, attraverso il pistillo, manda il suo nucleo a unirsi col nucleo dell'ovulo; o pure ecco i nuclei di uno spermatozoo e di un ovo, che, diventando fusi, iniziano un nuovo animale: nell'un caso e nell'altro la non riuscita dell'unione è seguìta dalla decomposizione dei materiali proteici, mentre l'unione è seguìta dallo sviluppo. Donde viene quel principio vitale che determina il processo di organizzazione? È esso creato di nuovo per ogni pianta e animale? o, se no, dove e come preesisteva esso? Si prenda una forma più semplice di questo problema. Un protofito o protozoo, dopo esser cresciuto fino a una certa dimensione, va soggetto a una serie di cambiamenti complessi che terminano nella fissione. Nel suo stato indiviso esso aveva un principio vitale. Che deve dirsi del suo stato di divisione? Le parti singolarmente si allontanano, ciascuna pienamente viva, ciascuna pronta a crescere e tosto a suddividersi, e così via e così via, finchè presto se ne formano milioni. Ciò è a dire, vi è una moltiplicazione di principii vitali come dei protozoi animati da essi. Un principio vitale, dunque, si suddivide e cresce allo stesso tempo. Ma l'accrescimento implica incorporazione di qualche cosa. Che cosa incorpora il principio vitale? È forse qualche altro principio vitale esterno ad esso, o qualche materiale con cui si forma una maggior somma di principio vitale? E come,

nell'un caso e nell'altro, può il principio vitale essere concepito come diverso da un qualche cosa di materiale, che nel suo sviluppo e nella sua moltiplicazione si comporta precisamente come si comporta la materia visibile?

3. È egualmente impossibile rispondere alla questione che sorge in presenza della vita divenuta latente. Tralasciando il preteso caso del grano delle mummie, la cui validità è negata, è sperimentalmente provato che i semi possono, sotto condizioni sfavorevoli alla germinazione, conservare per dieci, venti, e alcuni anche per trenta anni, la facoltà di germinare quando si forniscono l'opportuna umidità e l'opportuno calore (Cfr. KERNER, *La Storia Naturale delle Piante*, I, 51-2). Sotto quale forma è esistito il principio vitale durante questi lunghi intervalli? Esso è un principio di attività. In questo caso, dunque, il principio di attività diventa inattivo. Ma come possiamo concepire una attività inattiva? Se essa è un qualche cosa che, benchè inattivo, può essere reso attivo quando le condizioni sono favorevoli, siamo condotti all'idea di un principio vitale la cui vitalità può diventar latente, il che è assurdo. Che cosa diremo noi del rotifero disseccato, il quale per anni è sembrato essere nulla più che una particella di polvere, ma che ora, quando è provveduto di acqua, l'assorbe, si gonfia, e riassume quei moti delle ciglia per cui esso attira a sè il nutrimento? Il principio vitale era forse altrove durante questi anni di quiescenza assoluta? Se così è, perchè tornò esso nel momento opportuno? Era esso rimasto sempre presente nel rotifero benchè addormentato? Come accade allora ch'esso si risvegliasse nel momento in cui la provvista d'acqua rese i tessuti capaci di riprendere le loro funzioni? Come accade che l'agente fisico agisce non solo sulla sostanza materiale del rotifero, ma altresì su questo qualche cosa che non è una sostanza materiale, ma una sorgente immateriale di attività? Evidentemente nè l'una alternativa nè l'altra è pensabile.

In tal guisa, il preteso principio vitale esiste nella mente di quelli che pretendono affermarlo soltanto come una forma verbale, non come un'idea; poichè è impossibile mettere insieme nella coscienza i termini richiesti per costituire un'idea. Non è nè pure « una finzione dell'immaginazione », poichè ciò implica qualche cosa d'immaginabile, ma il supposto principio vitale nè pure può essere immaginato.

§ **36** *d*. Quando, passando alla supposizione alternativa, ci proponiamo di considerare la vita come inerente nelle sostanze de gli orga-

nismi che la manifestano, incontriamo difficoltà differenti di specie, ma appena minori di grado. I processi che avvengono nelle cose viventi sono incomprensibili come risultati di qualsiasi azione fisica a noi nota.

Si consideri uno dei più semplici, quello presentato da un'ordinaria cellula vegetale formante parte di una foglia o di altra struttura della pianta. La sua membrana esterna, originariamente resa poliedrica dalla pressione delle cellule adiacenti, è a grado a grado trasformata « in una membrana di forma cilindrica, fibrosa, o tabulare, e che rafforza le sue pareti con pilastri, orli, rialzi, uncini, cerchi, e quadrelli di varie specie » (KERNER, I, 43): mentre son lasciate o sorgono successivamente piccole aperture nelle cellule adiacenti. Consistendo di materie prive di nitrogeno, inattive, queste strutture sono formate dal protoplasto racchiuso. Come sono formate? Forse mercè l'azione del nucleo? Ma il nucleo, anche se avesse caratteri che lo rendessero in modo concepibile adatto a questa funzione, è collocato irregolarmente; ed è incomprensibile ch'esso debba operare i medesimi effetti sulla parete della cellula, sia esso posto nel mezzo, ad una estremità, o da un lato. È dunque il protoplasma l'agente attivo? Ma questo è disposto in una rete di gruppi filamentosi e di filamenti affatto irregolari nella distribuzione e che alterano continuamente le loro forme e connessioni. Non si può immaginare l'esercizio di un'azione direttiva adatta da parte del protoplasma.

Un altro esempio: — Si considerino i cambiamenti riproduttivi presentati dalla *Spirogyra*. I filamenti delicati che, in questo tipo basso di Alga, sono costituiti di singole cellule allungate congiunte nelle loro estremità, si trovano qua e là adiacenti l'uno all'altro; e da una cellula di un filamento e una cellula di un altro a distanza opportuna, crescono fuori prominenze le quali, incontrandosi nell'interspazio e formando un canale a causa della dissoluzione delle loro pareti cellulari contigue, vuotano attraverso esso l'endocroma di una cellula nell'altra: formando mercè la fusione delle due cellule uno zigote o corpo riproduttivo. Sotto quale influenza è questa azione iniziata e guidata? Non vi è alcun concepibile meccanismo direttivo nell'una o l'altra cellula, per cui, quando le condizioni sono adatte, una papilla sia formata in modo da incontrare una papilla opposta.

O ancora, consideriamo la trasformazione ancor più meravigliosa che si verifica nell'*Hydrodictyon utriculosum*. In questa Alga ciascuna cellula a forma di salsiccia, unita con altre per formare una rete cilindrica, contiene, quando è pienamente sviluppata, un cromatoforo interno fatto di protoplasma nucleato con granuli di clorofilla immersi

in esso. Questo, quando la cellula è adulta, si divide in numerose zoospore, che tosto uniscono le loro estremità in modo tale da formare una rete con buchi per lo più esagonali, minuti di grandezza, ma simili nella disposizione alla rete di cui la cellula parentale formava una parte. Da ultimo, sfuggendo dalla cellula madre, questa rete cresce e tosto diventa così grande come la rete parentale. Sotto qual gioco di forze si dispongono queste zoospore in tale strana struttura?

Analoghi problemi insolubili sono presentati da organismi animali di tutti i gradi. Tra i tipi microscopici si possono prendere ad esempio le Coccosfere e le Rabdosfere trovate ne gli strati superiori dell'acqua marina. Ciascuna di queste è un frammento di protoplasma con un diametro di meno che un millesimo di pollice, difeso dalle elaborate strutture protettive ch'essa à formato. I coccoliti elittici delle prime, ognuno dei quali à un tipo definito, si uniscono per formare, sovrapponendosi, una copertura embricata; e la copertura delle altre consiste di numerosi processi a forma d'imbuto che irradiano da tutte le parti. Alla questione — Come questa particella di protoplasma granulare, senza organi o struttura definita, riesce a costruirsi questa complicata armatura calcarea? non v'è alcuna risposta concepibile.

Al pari di questi Protozoi, i più infimi Metazoi compiono cose che sono affatto incomprensibili. Ecco una spugna formata di classi di monadi non aventi tra esse alcuni di quei meccanismi di comunicazione, per cui nei tipi più elevati si effettua la cooperazione — cellule flagellate che producono le correnti d'acqua circolanti, cellule appiattite che formano le membrane protettive, e cellule ameboidi che giacciono libere nel mesoderma gelatinoso. Queste, senza accordo apparente, formano non solo la rete cornea, che costituisce la massa principale della loro abitazione, ma altresì corpicciattoli lunghi e aguzzi incorporati in essa, che ànno notevoli forme simmetriche. Per quale combinazione d'influenze siano effettuati i processi necessari, è impossibile immaginare.

Se ci volgiamo ai tipi più elevati di Metazoi, in cui, per mezzo di un sistema nervoso, molte cooperazioni di parti sono conseguite in modi che superficialmente si comprendono, pure incontriamo varie azioni la causazione delle quali non può essere rappresentata nel pensiero. Non avendo altra materia calcarea, una gallina raccoglie e ingoia pezzetti di guscio d'uovo rotti; e, qualche volta, si può vedere una vacca gravida rodere un osso ch'essa à trovato — evidentemente raschiando via con i suoi denti qualche parte di esso. Questi procedimenti si riferiscono a necessità dell'organismo; ma come ànno essi origine? Che cosa genera

nella vacca il desiderio di mordere una sostanza così diversa per il carattere dal suo cibo ordinario? Se si risponde che il sangue è divenuto povero di certi sali calcarei e che quindi sorge l'appetito per le cose che li contengono, rimane la questione — Come agisce questa deficienza sul sistema nervoso in modo da generare questo vago desiderio e causare i movimenti che lo sodisfanno? Con nessuno sforzo possiamo figurare a noi stessi i processi causali presupposti.

In breve, dunque, noi siamo costretti a confessare che la Vita nella sua essenza non può essere concepita in termini fisico-chimici. Il principio di attività richiesto, che noi trovammo non poter essere rappresentato come un principio vitale indipendente, ora troviamo che non può essere rappresentato come un principio inerente nella materia vivente. Se col supporre ch'esso sia inerente, pensiamo che i fatti siano spiegati, noi non facciamo altro che ingannare noi stessi con pseudo-idee.

§ **36** *e*. Che cosa dunque dobbiamo dire, che cosa dobbiamo pensare? Semplicemente che in questa direzione, come in tutte le altre direzioni, le nostre spiegazioni ci portano finalmente faccia a faccia con l'inesplicabile. La Realtà Ultima al di là di questa manifestazione, come al di là di tutte le altre manifestazioni, trascende la concezione. Occorre soltanto osservare come anche forme semplici di esistenza siano nella loro natura ultima incomprensibili, per vedere che questa forma più complessa di esistenza è in un certo senso doppiamente incomprensibile.

Infatti le azioni di ciò che l'ignorante chiama sprezzantemente materia bruta, non possono in ultima analisi essere comprese nella loro genesi. Se non fosse che la familiarità ci rende ciechi, la caduta di un sasso offrirebbe materia di meraviglia. Nè Newton nè alcuno da' suoi tempi in poi è stato capace di concepire come le molecole di materia nel sasso risentano l'azione non solo delle molecole di materia nella parte adiacente della Terra, ma di quelle formanti parti della sua massa alla distanza di 8000 miglia, che singolarmente esercitano la loro influenza senza essere impedite dalle molecole interposte; e ancor meno si è data una interpretazione concepibile del modo in cui ogni molecola di materia nel Sole, alla distanza di 92 milioni di miglia, partecipa nella determinazione dei movimenti della Terra. Ciò che avvenga nello spazio tra un magnete e il pezzo di ferro attirato verso di esso, o come, facendo passare ripetutamente un magnete lungo un ago d'acciaio, questo, in virtù di qualche cambiamento dello stato molecolare, come dobbiamo

supporre, diventi esso stesso un magnete, e quando sia messo in equilibrio ponga i suoi poli in direzioni fisse, noi non sappiamo. E ancor meno possiamo scandagliare il processo fisico per cui una serie ordinata di pulsazioni elettriche mandate attraverso un filo telegrafico può essere disposta in modo da eccitare una serie corrispondente di pulsazioni in un filo parallelo alla distanza di molte miglia.

Volgiamoci a un'altra classe di casi. Consideriamo l'azione di una superficie di vetro colpita da una corrente catodica e che con ciò genera un ordine di raggi capaci di passare attraverso materie solide impermeabili alla luce. O pure si osservi il potere posseduto dall'uranio e da altri metalli di emettere raggi impercettibili ai nostri occhi come luce, ma che tuttavia, in ciò che appare a noi oscurità assoluta, produrranno, attraversando una camera oscura, fotografie. Anche le azioni di una specie di materia sopra un'altra sono sufficientemente notevoli. Ecco una massa d'oro la quale, dopo l'aggiunta di 1-500ª parte di bismuto, à soltanto 1-28° della forza di tensione ch'esso precedentemente aveva; ed ecco una massa di ottone, ordinariamente duttile e malleabile, ma che, con l'aggiunta di 1-10.000ª parte di antimonio, perde il suo carattere. Più notevoli sono gli effetti di certe medicine. Un centesimo di un grano di nitroglicerina è una dose sufficiente. Prendendo il peso di un uomo medio come 150 libbre, ne risulta che lo stato del suo corpo risente in modo apprezzabile l'azione della 115-milionesima parte del suo peso di questo composto azotato.

In presenza di tali forze manifestate da specie semplici di materia vedremo come sia impossibile anche immaginare quei processi che avvengono nella materia organica, dai quali emerge l'elemento dinamico della Vita. Siccome nèssuna forma separata di proteide possiede vitalità, sembra che siamo costretti ad ammettere che la molecola di protoplasma contenga molte molecole di proteidi, probabilmente in vari stati isomerici, tutti capaci di rapido cambiamento e che quindi producono grande instabilità dell'aggregato ch'essi formano. Come si è già indicato (§ 4), una molecola di proteide include più di 220 equivalenti di parecchi così detti elementi. Ciascuna di queste sostanze indecomposte è ora riconosciuta dai chimici come quasi certamente consistente di parecchie specie di componenti. Quindi la conseguenza è che una molecola di proteide contiene migliaia di unità, di cui le differenti classi ànno i loro gradi rispettivi di oscillazione inconcepibilmente rapida, mentre ciascuna unità, ricevendo ed emettendo ondulazioni eteree, agisce su altre della sua specie nella propria molecola e nelle adiacenti: una

struttura immensamente complessa avente attività immensamente complesse. E questa complessità, materiale e dinamica, nella molecola di proteide devesi da noi considerare come elevata a un grado assai più alto nella unità di protoplasma. Qui come altrove si presentano alternative impossibilità del pensiero. Troviamo che è impossibile pensare la Vita come importata nella unità di protoplasma dal di fuori; e pure troviamo che è impossibile concepirla come emergente dalla cooperazione dei componenti.

§ **36** *f*. Ma ora, dopo aver confessato che la Vita come un principio di attività è sconosciuta e inconoscibile — che mentre i suoi fenomeni sono accessibili al pensiero, il numeno presupposto è inaccessibile — che soltanto le manifestazioni rientrano nei limiti della nostra intelligenza, mentre ciò che è manifestato giace al di là di essi; possiamo riassumere le conclusioni raggiunte nei capitoli precedenti. La nostra conoscenza della superficie continua ad essere una conoscenza valida nella sua specie, dopo aver riconosciuto la verità ch'essa è soltanto una conoscenza della superficie.

Infatti le conclusioni poco fa raggiunte e la definizione risultante da esse concernono l'*ordine* esistente tra le azioni che le cose viventi presentano; e quest'ordine rimane il medesimo, sia che noi conosciamo o no la natura di ciò da cui le azioni ànno origine. Trovammo che un carattere distintivo della Vita è che i suoi cambiamenti manifestano una corrispondenza con le coesistenze e sequenze dell'ambiente; e questo rimane un carattere distintivo, benchè la cosa che cambia rimanga inscrutabile. L'affermazione che il continuo adattamento delle relazioni interne alle esterne costituisce la Vita come è a noi conoscibile, non è invalidata coll'ammettere che la realtà in cui queste relazioni sono inerenti è inconoscibile.

Quindi, dunque, dopo aver debitamente riconosciuto il fatto che, come si è sopra indicato, la Vita, anche considerata sotto l'aspetto fenomenico, non è interamente coperta dalla definizione, poichè vi sono varie manifestazioni anormali della vita ch'essa non include, noi possiamo sicuramente accettarla in quanto copre le manifestazioni normali — quelle manifestazioni che qui c'interessano. Tenendo, per ciò, in mente la definizione, noi possiamo in seguito adoperarla come guida attraverso tutte quelle regioni d'indagine, nelle quali noi siamo ora per entrare.

CAPITOLO VII.

L'oggetto della Biologia.

§ **37.** Com'è ordinariamente concepita, la scienza della Biologia cade in due grandi divisioni, di cui l'una si occupa della vita animale, detta Zoologia, e l'altra si occupa della vita vegetale, detta Botanica, o che più propriamente si dovrebbe chiamare Fitologia. Ma per quanto sia conveniente questa divisione, non è quella che sorge se noi seguiamo il metodo scientifico d'includere in un gruppo tutti i fenomeni fondamentalmente dello stesso ordine e di mettere in un altro gruppo separato tutti i fenomeni di un ordine fondamentalmente differente. Infatti gli animali e le piante sono simili nell'avere strutture; e gli animali e le piante sono simili nell'avere funzioni eseguite da queste strutture; e la distinzione fra strutture e funzioni trascende la differenza fra una struttura qualunque e un'altra o fra una funzione qualunque e un'altra — è, in vero, una distinzione assoluta, come quella tra Materia e Moto. Riconoscendo, dunque, la logica della divisione in tal guisa indicata, noi dobbiamo raggruppare le parti della Biologia così:

1. Una descrizione dei fenomeni di struttura presentati da gli organismi. Questa si suddivide in due parti:
   - *a*. I fenomeni stabiliti di struttura, che gli organismi individuali presentano.
   - *b*. I fenomeni mutevoli di struttura presentati dalle successioni di organismi.

2. Una descrizione dei fenomeni funzionali che gli organismi presentano. Questa, anche, può avere due suddivisioni:

a. I fenomeni funzionali stabiliti de gli organismi individuali.
b. I fenomeni funzionali mutevoli delle successioni di organismi.

3. Una descrizione delle azioni delle Strutture sulle Funzioni e delle reazioni delle Funzioni sulle Strutture. Al pari delle altre, questa è divisibile in due parti:

a. Le azioni e reazioni come si presentano ne gli organismi individuali.
b. Le azioni e reazioni come si presentano nelle successioni di organismi.

4. Una descrizione dei fenomeni che accompagnano la produzione delle successioni di organismi: in altre parole — i fenomeni della Genesi.

Naturalmente per scopi d'investigazione e d'insegnamento, la divisione in Zoologia e Botanica, che si fonda su contrasti così spiccati e numerosi, dev'essere sempre conservata. Ma qui riconoscendo questa distinzione familiare soltanto nella misura in cui ci obbliga a riconoscerla l'opportunità, passiamo ora a considerare, più in particolare, la classificazione dei fenomeni biologici sopra esposta nelle sue linee principali.

§ **38.** I fatti di struttura, che un organismo individuale mostra, sono di due specie principali. In ordine di cospicuità, benchè non in ordine di tempo, vengono prima quelle disposizioni delle parti che caratterizzano l'organismo maturo; una descrizione delle quali, originariamente detta Anatomia, si chiama ora Morfologia. Poi vengono quelle modificazioni successive attraverso cui l'organismo passa nel suo progresso dal germe alla forma sviluppata; una descrizione delle quali si chiama Embriologia.

I cambiamenti di struttura, che una serie qualunque di organismi individuali presenta, sono suscettibili di una simile classificazione. Da un lato, abbiamo quelle differenze interne ed esterne di forma che sorgono tra i membri adulti di generazioni successive discese da una stirpe comune — differenze le quali, benchè per solito non spiccate tra le generazioni vicine, diventano grandi nel corso di numerose generazioni. Dall'altro lato, abbiamo quelle modificazioni di sviluppo, viste ne gli embrioni, attraverso le quali si raggiungono tali modificazioni delle forme avute per discendenza.

L'interpretazione delle strutture de gli organismi individuali e delle successioni di organismi è aiutata da due divisioni sussidiarie della indagine biologica, che si chiamano Anatomia Comparata (propriamente

Morfologia Comparata) ed Embriologia Comparata. Queste non si possono considerare come in sè stesse parti della Biologia; poichè i fatti ch'esse abbracciano non sono fenomeni indipendenti, ma sono semplicemente incidentali a fenomeni indipendenti. Tutte le verità della Biologia delle strutture sono comprese nelle due suddivisioni precedenti; e il confronto di queste verità, come si presentano in differenti classi di organismi, è semplicemente un *metodo* per interpretarle.

Non di meno, benchè la Morfologia Comparata e l'Embriologia Comparata non rivelino ulteriori fatti concreti, esse conducono allo stabilimento di certi fatti astratti. Per mezzo di esse è reso manifesto che al di sotto delle differenze superficiali di gruppi e classi e tipi di organismi, vi sono nascoste somiglianze fondamentali; e che i processi di sviluppo in tali gruppi e classi e tipi, benchè divergenti per molti rispetti, sono coincidenti per molti rispetti essenziali. Le ampie verità così rivelate rientrano nella Morfologia Generale e nella Embriologia Generale.

Col mettere a contrasto gli organismi, si compie altresì quell'aggruppamento dei simili e quella separazione dei dissimili, che si chiama Classificazione. In primo luogo con l'osservazione dei caratteri esterni; in secondo luogo con l'osservazione dei caratteri interni; e in terzo luogo con l'osservazione delle fasi di sviluppo; si accerta quali organismi sono massimamente simili sotto tutti gli aspetti; quali organismi altrimenti dissimili sono simili in caratteristiche importanti; quali organismi, benchè apparentemente non affini, ànno comuni caratteri primordiali. Donde risulta un ordinamento de gli organismi tale, che se certi attributi strutturali di uno qualunque sono dati, si possono predire *empiricamente* gli altri attributi di struttura; e che prepara la via a quella interpretazione delle loro relazioni e della loro genesi, che forma una parte importante della Biologia *razionale*.

§ **39.** La seconda divisione principale della Biologia, sopra descritta come quella che abbraccia i fenomeni funzionali de gli organismi, è quella che in parte è indicata dalla Fisiologia: il resto si può distinguere come Psicologia Obiettiva. Ambedue queste dànno luogo a suddivisioni che possono meglio esser trattate separatamente.

Quella parte della Fisiologia che si occupa dei cambiamenti molecolari, che avvengono ne gli organismi, è conosciuta come Chimica Organica. Una descrizione dei modi in cui la forza generata negli organismi dallo scambio chimico si trasforma in altre forze e mette così in attività i vari organi, che esercitano le funzioni della Vita, rientra nella

Fisica Organica. La Psicologia, la quale si occupa sopra tutto dell'adattamento delle azioni vitali alle azioni nell'ambiente (in contrasto con la Fisiologia, che si occupa sopra tutto delle azioni vitali indipendentemente dalle azioni nell'ambiente), consiste di due parti affatto distinte. La Psicologia Obiettiva tratta di quelle funzioni dell'apparato nervo-muscolare, per cui quegli organismi che le possiedono sono posti in grado di adattare le relazioni interne alle esterne; e include altresì lo studio delle stesse funzioni in quanto si manifestano esternamente nella condotta. La Psicologia Subiettiva tratta delle sensazioni, percezioni, idee, emozioni, e volizioni, che sono i concomitanti diretti o indiretti di questo adattamento visibile delle relazioni interne alle esterne. Siccome la coscienza sotto le sue differenti manifestazioni e forme è un oggetto di studio radicalmente distinto nella natura dall'oggetto della Biologia in generale; e siccome il metodo della introspezione, per mezzo del quale soltanto si possono trovare le leggi di dipendenza tra i cambiamenti di coscienza, è un metodo che nulla à di eguale nel resto della Biologia; noi siamo costretti a considerare la Psicologia Subiettiva come uno studio separato. E siccome sarebbe assai inopportuno dissociare interamente la Psicologia Obiettiva dalla Psicologia Subiettiva, siamo praticamente obbligati a trattare ambedue come se formassero una scienza indipendente.

È ovvio che i fenomeni funzionali, presentati nelle successioni di organismi, similmente si dividono in fisiologici e psicologici. Nel campo dei fisiologici rientrano le modificazioni delle azioni corporee che sorgono nel corso delle generazioni, come concomitanti delle modificazioni di struttura; e queste possono essere modificazioni, qualitative o quantitative, nei cambiamenti molecolari classificati come chimici, o nelle azioni organiche classificate come fisiche, o negli uni e nelle altre. Nel campo degli psicologici rientrano le modificazioni qualitative de gl'istinti, sentimenti, concetti, e processi mentali in generale, che avvengono in esseri aventi più o meno intelligenza, quando certe loro condizioni sono mutate. Questa, come la partizione precedente della Psicologia, à in astratto due aspetti differenti — l'obiettivo e il subiettivo. Praticamente, tuttavia, l'aspetto obiettivo, il quale tratta di queste modificazioni mentali come si presentano nelle mutevoli abitudini e capacità delle successive generazioni di esseri, è l'unico che sia suscettibile d'investigazione; poichè le alterazioni corrispondenti nella coscienza a nessuno possono essere immediatamente note fuorchè ai soggetti di esse. Evidentemente, l'opportunità richiede che noi aggiungiamo questa parte

della Psicologia insieme con le altre parti come componenti di una sotto-scienza distinta.

Si getta luce sulle funzioni, così come sulle strutture, mettendo a confronto organismi di specie differenti. Fisiologia Comparata e Psicologia Comparata sono i nomi che si dànno a quelle collezioni di fatti concernenti le omologie e le analogie, corporee e mentali, rivelate da questa specie d'indagini. Tali osservazioni classificate, riguardanti somiglianze e differenze di funzioni, aiutano a interpretare le funzioni nella loro natura e nelle loro relazioni essenziali. Quindi Fisiologia Comparata e Psicologia Comparata sono nomi di metodi piuttosto che nomi di vere suddivisioni della Biologia.

Qui, tuttavia, come prima, il confronto di verità speciali, oltre a facilitare la loro interpretazione, mette in luce certe verità generali. Ponendo a contrasto le funzioni corporee e mentali come si presentano nelle varie specie di organismi, si dimostra che esiste, in modo più o meno esteso, una comunanza di processi e di metodi. Quindi risultano due gruppi di proposizioni costituenti la Fisiologia Generale e la Psicologia Generale.

§ **40.** In queste divisioni e suddivisioni delle due prime grandi partizioni della Biologia, i fatti di Struttura si considerano separatamente dai fatti di Funzione, fino a dove è possibile il trattamento separato di essi. La terza grande partizione della Biologia li studia nelle loro connessioni necessarie. Essa comprende la determinazione delle funzioni da parte delle strutture, e la determinazione delle strutture da parte delle funzioni.

Com'ei si manifestano ne gli organismi individuali, gli effetti delle strutture sulle funzioni devono essere studiati non solo nell'ampio fatto che la forma generale di vita, che un organismo conduce, è resa necessaria dai caratteri principali della sua organizzazione, ma nel fatto più speciale e meno cospicuo, che tra i membri della stessa specie differenze minori di struttura conducono a differenze minori di capacità di eseguire certe azioni e di tendenze a eseguirle. Al contrario, nel campo delle reazioni delle funzioni sulle strutture ne gli organismi individuali, rientrano i fatti i quali mostrano che le funzioni, quando sono adempite nella loro misura normale, mantengono integrità di struttura nei loro organi rispettivi; e che entro certi limiti gli aumenti delle funzioni sono seguiti nei loro organi rispettivi da tali cambiamenti di struttura, che li pongono in grado di meglio compiere le loro funzioni accresciute.

L'indagine intorno all'influenza della struttura sulla funzione, come si vede nelle successioni di organismi, ci fa conoscere certi fenomeni come quelli di cui si occupa l'*Origine delle Specie* del Darwin. In questa categoria rientrano tutte le prove della verità generale, che quando un individuo in virtù di una certa particolarità di struttura è reso capace di adempiere meglio che altri della sua specie qualche azione vantaggiosa; e quando esso trasmette in grado maggiore o minore la sua particolarità di struttura ai discendenti, tra i quali quelli che la possiedono più spiccatamente sono meglio capaci di prosperare e propagarsi; sorge un tipo di struttura visibilmente modificato, avente una funzione più o meno distinta. Nella classe correlativa di fatti (da alcuni asseriti e da altri negati), che rientrano nella categoria delle reazioni della funzione sulla struttura come si presentano nelle successioni di organismi, si devono porre tutte quelle modificazioni di struttura che sorgono nelle razze, quando i cambiamenti delle condizioni dànno luogo a cambiamenti nell'equilibrio delle loro funzioni — quando un'alterazione di funzione resa esternamente necessaria produce un'alterazione di struttura, e continua a far ciò attraverso le generazioni successive.

§ **41.** La quarta grande divisione della Biologia, che comprende i fenomeni della Genesi, si può opportunamente separare in tre suddivisioni.

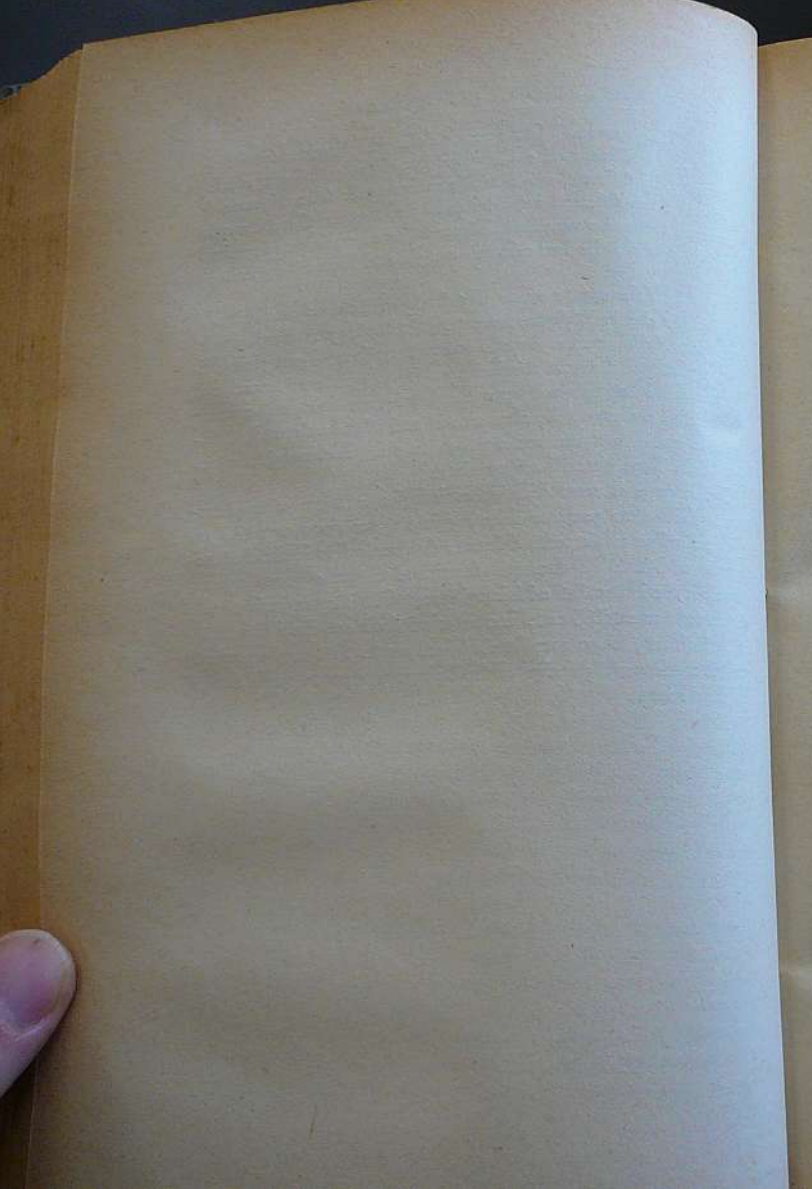
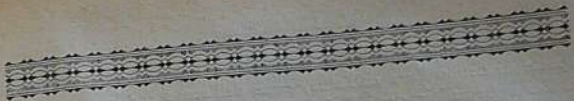
Nella prima rientra una descrizione di tutti i modi speciali onde si effettua la moltiplicazione de gli organismi; i quali modi si dispongono nelle due categorie principali della moltiplicazione sessuale e asessuale. Una spiegazione della Moltiplicazione Sessuale include i vari processi per cui i germi e gli ovuli sono fecondati e per cui, dopo la fecondazione, essi sono provveduti dei materiali necessari per il loro sviluppo e mantenuti nelle condizioni richieste. Una spiegazione della Moltiplicazione Asessuale include i vari processi per cui, dallo stesso germe od ovulo fecondato, sono prodotti molti organismi in parte o in tutto indipendenti l'uno dall'altro.

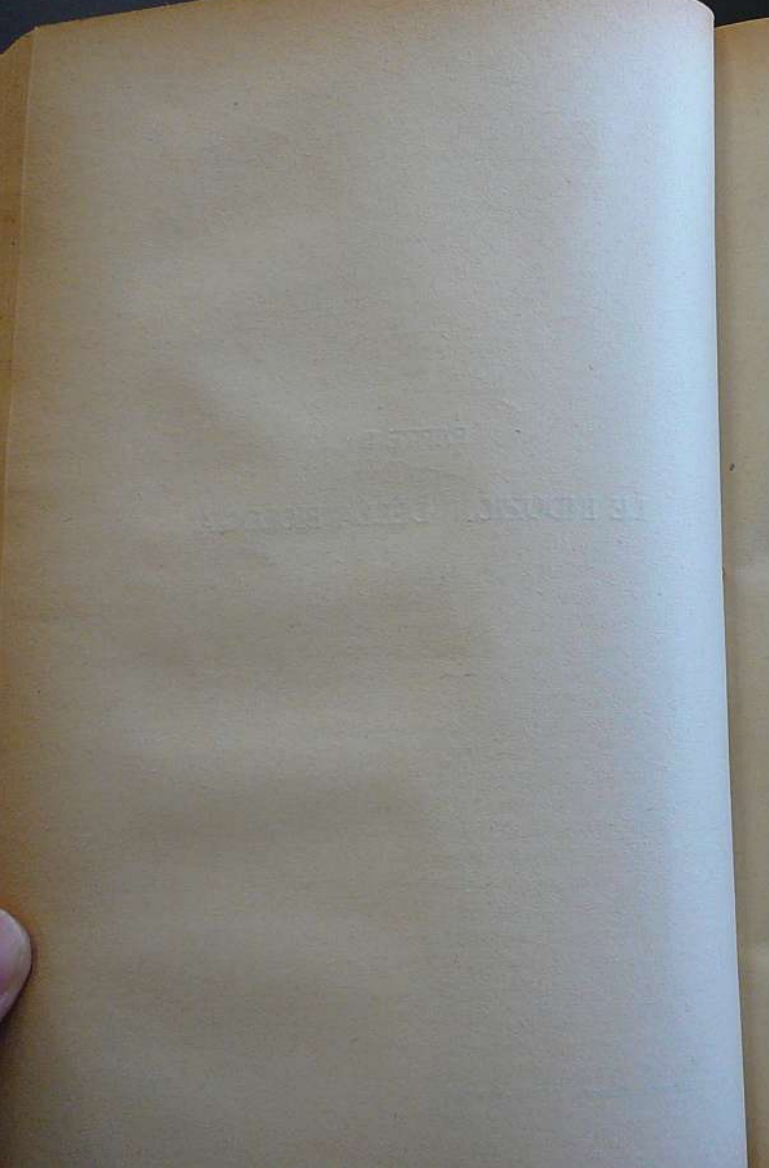
La seconda di queste suddivisioni tratta dei Fenomeni della Genesi in astratto. Essa prende per suo argomento di studio certe questioni generali come queste: — Qual è il fine a cui serve l'unione della cellula spermatica e della cellula germinale? Perchè non può ogni moltiplicazione compiersi secondo il metodo asessuale? Quali sono le leggi della trasmissione ereditaria? Quali sono le cause della variazione?

La terza suddivisione è dedicata ad aspetti ancor più astratti dell'ar-

gomento. Riconoscendo i fatti generali della moltiplicazione senza riferimento alle manifestazioni o alle cause immediate, essa si occupa semplicemente dei differenti casi di moltiplicazione nelle differenti specie di organismi e nei differenti individui della stessa specie. Generalizzando i numerosi contrasti e variazioni di fecondità, essa cerca una spiegazione razionale di essi nelle loro relazioni con gli altri fenomeni organici.

§ **42.** Tale appare essere il naturale ordinamento di divisioni e suddivisioni che la Biologia presenta. È, tuttavia, una classificazione delle parti della scienza, quando questa à raggiunto il suo pieno sviluppo; piuttosto che una classificazione di esse come si trovano ora. Alcune delle suddivisioni sopra menzionate non ànno una esistenza riconosciuta, e alcune delle altre sono in stati affatto rudimentali. È impossibile ora di svolgere, anche nel modo più grossolano, più che una parte delle linee generali qui tracciate.

Così siccome il corso della nostra indagine è in gran misura determinato dallo stato presente delle cognizioni, noi siamo costretti a seguire un ordine ampiamente differente da quest'ordine ideale. Sarà necessario anzi tutto di dare una descrizione di quelle generalizzazioni empiriche che i naturalisti e i fisiologi ànno stabilito: aggiungendo a quelle che ne sono suscettibili certe interpretazioni deduttive, che i *Primi Principii* ci offrono. Dopo aver fatto ciò, noi saremo tanto meglio preparati per trattare le verità principali della Biologia in rapporto con la dottrina dell'Evoluzione.

PARTE II

LE INDUZIONI DELLA BIOLOGIA

CAPITOLO I.

Accrescimento.

§ **43.** Forse l'induzione più ampia e più familiare della Biologia è che gli organismi crescono. Mentre, tuttavia, questa è una caratteristica manifestata dalle piante e da gli animali in modo così uniforme e spiccato, che la si considera sbadatamente come ad essi particolare, in realtà non è così. Sotto condizioni appropriate l'aumento di dimensione à luogo negli aggregati inorganici, così come ne gli aggregati organici. I cristalli crescono; e spesso assai più rapidamente dei corpi viventi. Dove i materiali richiesti sono forniti nelle forme richieste, si può assistere a un accrescimento nelle masse non cristalline; se ne à un esempio nell'accumulazione fungoide che à luogo sullo stoppino di una candela non smoccolata. In un grado immensamente più grande, abbiamo l'accrescimento nelle formazioni geologiche: la lenta accumulazione del sedimento depositato in uno strato non è distinguibile dall'accrescimento nella sua più ampia accezione. E se noi ci riportiamo alla genesi dei corpi celesti, ammettendo ch'essi siano sorti per Evoluzione, vediamo che questi, pure, devono essere passati a grado a grado nelle loro forme concrete attraverso processi di accrescimento. L'accrescimento è, in vero, in quanto rappresenta una integrazione di materia, il carattere primario dell'Evoluzione; e se l'Evoluzione di una specie o di un'altra è universale, l'accrescimento è universale anch'esso — universale, cioè, nel senso che tutti gli aggregati lo manifestano in qualche modo in qualche periodo.

La essenziale comunanza di natura tra l'accrescimento organico e l'inorganico si vede, tuttavia, nel modo più chiaro osservando che essi

risultano ambedue nella stessa maniera. La segregazione di differenti specie di detrito l'una dall'altra, come dall'acqua che le trasporta, e il loro aggregarsi in strati distinti, non è che un caso di una tendenza universale verso l'unione di unità simili e la partizione di unità dissimili (*Primi Principii*, § 163). Il deposito di un cristallo da una soluzione è una differenziazione delle molecole precedentemente mescolate, e una integrazione di una classe di molecole in un corpo solido e dell'altra classe in un solvente liquido. Non è forse l'accrescimento di un organismo un processo essenzialmente simile? Intorno a una pianta esistono certi elementi simili a gli elementi che formano la sua sostanza; e il suo aumento di grossezza si effettua coll'integrare continuamente questi elementi simili circostanti in sè stessa. Nè l'animale differisce fondamentalmente sotto questo aspetto dalla pianta o dal cristallo. Il suo cibo è una porzione della materia circostante, la quale contiene alcuni atomi composti simili ad alcuni degli atomi composti che costituiscono i suoi tessuti; e o semplicemente per assorbimento o per via della digestione, l'animale da ultimo integra con sè stesso unità simili a quelle di cui esso è formato, e lascia indietro le unità dissimili. Per impedire errori di interpretazione, sarà bene far notare che l'accrescimento, come qui è definito, deve essere distinto da certi aumenti di volume apparenti e reali che lo simulano. Così, i lunghi germogli bianchi delle patate, che vengon fuori nell'oscurità, son prodotti a spese delle sostanze che il tubero contiene: essi illustrano non l'accumulazione della materia organica, ma semplicemente la sua ricomposizione e il suo riordinamento. Certi embrioni animali, pure, durante le loro prime fasi, crescono considerevolmente di volume senza assimilare solidi dall'ambiente; e ciò accade mediante l'assorbimento dell'acqua circostante. Anche nei più alti organismi, come nei bambini, sembra qualche volta che si verifichi un rapido progresso nelle dimensioni, che veramente non misura la quantità aggiunta di materia organica; ma è in parte dovuto a cambiamenti analoghi a quelli or ora ricordati. Le alterazioni di questo genere non si devono confondere con quell'accrescimento, propriamente così detto, del quale dobbiamo qui occuparci.

Il secondo fatto generale da notarsi rispetto all'accrescimento organico è che esso à i suoi limiti. Qui sembra che vi sia una distinzione tra l'accrescimento organico e l'inorganico; ma tale distinzione non è affatto definita. Benchè quell'aggregazione della materia inanimata, cui la semplice attrazione produce, possa procedere senza fine; pure sembra che vi sia un termine a quella specie più definita di aggregazione che

risulta dall'attrazione polare. Elementi e composti differenti abitualmente formano cristalli più o meno dissimili nelle loro grandezze; e ciascuno pare che abbia una grandezza, la quale per solito non è ecceduta senza che sorga una tendenza a formare nuovi cristalli piuttosto che ad aumentare gli antichi. Guardando al regno organico come un tutto, vediamo che i limiti attraverso cui si estende l'accrescimento sono molto ampiamente separati. A una estremità abbiamo monadi così minute che i microscopi più potenti le rendono soltanto imperfettamente visibili; e all'altra estremità abbiamo alberi dell'altezza di 200 fino a 500 piedi e animali della lunghezza di 100 piedi. Vero è che, quantunque in un certo senso questo contrasto possa essere legittimamente posto, pure in un altro senso non si può porre; poichè questi organismi massimi sorgono mediante la combinazione di unità, le quali sono individualmente come le più piccole. Una singola pianta del genere *Protococcus* è della stessa struttura essenziale come una delle molte cellule unite per formare il tallo di qualche Alga più elevata, o la foglia di una fanerogama. Ciascun germoglio separato di una fanerogama porta per solito molte foglie. E un albero è un complesso di numerosi germogli riuniti. Uno di questi grandi teleofiti è quindi un aggregato di aggregati di unità, che singolarmente rassomigliano ai protofiti nelle loro dimensioni e strutture; e una simile costruzione si può rintracciare attraverso una parte considerevole del regno animale. Tuttavia, anche quando teniamo in mente questa limitazione, e facciamo i nostri confronti tra organismi dello stesso grado di composizione, troviamo pure che il limite di accrescimento varia assai. La più piccola pianta con rami e fiori è estremamente insignificante a lato di un albero forestale; e vi à una enorme differenza di grossezza tra il più piccolo mammifero e il più grande. Ma confrontando i membri della stessa specie, scopriamo che il limite di accrescimento è molto meno variabile. Tra i protozoi e i protofiti, ciascuna specie à una grossezza adulta abbastanza costante; e tra gli organismi complessi le differenze tra quelli della stessa specie, che ànno raggiunto la maturità, non sono per solito molto grandi. Le piante composte, in vero, presentano qualche volta spiccati contrasti tra gl'individui mal cresciuti e quelli ben cresciuti; ma gli animali più elevati non divergono che in un grado degno appena di considerazione dal tipo medio della loro specie.

Esaminando i fatti con lo scopo di generalizzare empiricamente le cause di queste differenze, noi ci accorgiamo tosto che, variamente combinandosi e contrastando l'una con l'altra, queste cause producono grandi

irregolarità di risultato. Diventa manifesto che nessuna di esse può essere seguìta nelle sue conseguenze, senza esser modificata dalle rimanenti. Quindi le diverse proposizioni contenute nei paragrafi seguenti devono essere prese come soggette a mutue modificazioni.

Consideriamo prima la connessione tra grado di accrescimento e complessità di struttura. Questa connessione, essendo complicata con molte altre, diventa manifesta soltanto quando si fa la media delle comparazioni in modo da eliminare le differenze tra le altre. Ed essa non vale affatto dove le condizioni sono radicalmente dissimili, come tra le piante e gli animali. Ma tenendo in mente queste limitazioni, vedremo che l'organizzazione à un'influenza determinante sull'aumento della massa. Delle piante le più infime, classificate col nome di Tallofite, per solito non raggiungono una grandezza considerevole. Le Alghe, i Funghi, e i Licheni formati per associazione di quelle, per quanto numerosi, non comprendono che poche specie di grosse dimensioni: le più grandi, come certe Alghe che si trovano nei mari antartici, non servono molto ad elevare la media; e queste gigantesche piante marine possiedono una complessità considerevole di organizzazione istologica, che assai spiccatamente eccede quella dei loro affini più piccoli. Benchè tra le Briofite e le Pteridofite ve ne siano alcune, come le Felci arboree, che raggiungono un'altezza considerevole, la maggior parte non à che un umile accrescimento. Le Monocotiledoni, che includono ad una estremità piccole erbe e all'altra alte palme, ci mostrano una media e un massimo maggiore di quelli raggiunti dalle Pteridofite. E le Monocotiledoni sono superate dalle Dicotiledoni; fra cui si trovano i monarchi del regno vegetale. Passando a gli animali, incontriamo il fatto che la grossezza raggiunta dai Vertebrati è per solito assai più grande di quella raggiunta da gl'Invertebrati. De gli animali invertebrati i più piccoli, classificati col nome di Protozoi, sono anche i più semplici; e i più grandi, appartenenti a gli Anellidi e ai Molluschi, sono tra i più complessi dei loro tipi rispettivi. De gli animali vertebrati vediamo che i più grossi sono i Mammiferi, e che se bene nelle epoche passate vi fossero Rettili di vaste dimensioni, le loro dimensioni non eguagliavano quella della balena: i grandi Dinosauri, benchè altrettanto lunghi, non erano per nulla così voluminosi. Tra i rettili e gli uccelli, e tra i vertebrati di terra e i vertebrati d'acqua, la relazione non vale: poichè le condizioni di esistenza sono in questi casi ampiamente differenti. Ma tra i pesci considerati come una classe, si può osservare che, generalmente parlando, le specie più grandi sono modellate sui tipi più ele-

vati. Il lettore critico, il quale nella sua mente à fatto l'esame di queste affermazioni scorrendole, à senza dubbio già visto che questa relazione non è una dipendenza dell'organizzazione dall'accrescimento, ma una dipendenza dell'accrescimento dall' organizzazione. Le Dicotiledoni sono nella maggior parte più piccole di alcune Monocotiledoni; molte Monocotiledoni sono superate in grossezza da certe Pteridofite; e anche tra le Tallofite, le meno sviluppate tra le piante composte, vi sono specie di una dimensione che molte piante dell'ordine più alto non raggiungono. Similmente tra gli animali. Vi sono una quantità di Crostacei minori delle Actinie; numerosi rettili sono più piccoli di alcuni pesci; la maggioranza dei mammiferi è inferiore di volume ai più grossi rettili; e nel contrasto tra un topo e una medusa ben cresciuta, vediamo un essere che è elevato nel tipo di struttura superato nella massa da un essere il quale è estremamente basso. Evidentemente dunque, non si può ritenere che l'alta organizzazione sia abitualmente accompagnata da grande volume. La proposizione qui illustrata è quella opposta, che il grande volume è abitualmente accompagnato da un'alta organizzazione. Il fatto notevole che le più grosse specie tanto de gli animali quanto dei vegetali appartengono alle classi più alte, e il fatto egualmente notevole che in tutte le loro varie sotto-classi le più alte contengono per solito le forme più voluminose, mostrano questa connessione così chiaramente come possiamo aspettarci ch'essa sia mostrata, in mezzo a tante cause e condizioni modificatrici.

La relazione tra l'accrescimento e la provvista di nutrimento utilizzabile è una relazione troppo familiare perchè occorra provarla. Vi sono, tuttavia, alcuni aspetti di essa che devono essere considerati prima che si possano pienamente apprezzare le sue conseguenze. Tra le piante, che sono tutte costantemente in contatto con le materie gasose, liquide e solide da incorporarsi nei loro tessuti, e che, nella medesima località, ricevono somme non molto dissimili di luce e di calore, le differenze nelle provviste di nutrimento utilizzabile ànno soltanto una connessione subordinata con le differenze di sviluppo. Benchè in un gruppo di erbe che spuntano dai semi lasciati cadere da una pianta madre, la maggiore grossezza di alcune che di altre è senza dubbio dovuta a una migliore nutrizione, risultante da vantaggi accidentali; pure nessuna interpretazione simile può essere data del contrasto di grossezza tra queste erbe e un albero vicino. Altre condizioni vengono qui in gioco; di cui una delle più importanti è l'assenza nell'un caso e la presenza nell'altro dell'attitudine a secernere una tale quantità di fibra legnosa, che

produrrà uno stelo capace di sopportare un grande accrescimento. Tra gli animali, tuttavia, i quali (eccettuati alcuni Entozoi) differiscono dalle piante in questo, che invece di bagnare le loro superficie le materie di cui vivono sono disperse e devono essere ottenute, la relazione tra il cibo utilizzabile e l'accrescimento è mostrata con maggiore regolarità. I Protozoi, i quali vivono di frammenti microscopici di materia organica contenuti nell'acqua circostante, sono incapaci durante la loro breve vita di accumulare una quantità considerevole di nutrimento. I Polizoi, i quali ànno per nutrimento questi membri appena visibili del regno animale, sono, benchè grandi paragonati con la loro preda, piccoli quando siano misurati con altri tipi; anche quando sono aggregati in gruppi di molti individui, che singolarmente vanno in cerca di nutrimento per il benessere comune, spesso essi sono così poco notevoli che facilmente chi non à occhio osservatore nè pure se ne accorge. E se partendo da questo punto esaminiamo i gradi successivi di animali, diventa manifesto che, in proporzione della grandezza del volume, le masse di nutrimento o sono grandi o, ciò che è praticamente la stessa cosa, sono così abbondanti e così raccolte che facilmente se ne possono introdurre nel corpo grandi quantità. Benchè, per esempio, il più grande dei mammiferi, la balena artica, si nutra di esseri comparativamente piccoli come gli acalefi e i molluschi galleggianti nei mari ch'essa abita, il suo metodo d'ingojare intere schiere di essi, lasciando sfuggire l'acqua insieme assorbita, la pone in grado di assicurarsi grandi quantità di cibo. Noi possiamo quindi dire con certezza che, a parità di altre condizioni, l'accrescimento di un animale dipende dall'abbondanza e dalla grossezza delle masse di nutrimento, che le sue forze lo pongono in grado di appropriarsi. Forse può esser necessario aggiungere che, nell'interpretare questa affermazione, si deve tener conto del numero dei competitori. Evidentemente, non l'abbondanza assoluta di cibo adatto, ma quella relativa, è il punto da considerare; e questa abbondanza relativa dipende assai dal numero de gl'individui che competono per il cibo. Così tutti quelli che ànno avuto esperienze di pesca nei laghi della Scozia, sanno che dove le trote sono numerose esse sono piccole, e che dove sono relativamente grandi esse sono relativamente poche.

Qual'è la relazione tra accrescimento e dispendio di energia? è una questione che ora si presenta da sè. Benchè vi sia ragione di credere che una tal relazione esiste, essa non si può rintracciare molto facilmente; complicata com'essa è con tante altre relazioni. Si possono tut-

tavia far notare alcuni contrasti che sembrano comprovarla. Lasciando da parte il regno vegetale, in ogni parte del quale il dispendio di forza è troppo piccolo per permettere che una tal relazione sia visibile, cerchiamo nel regno animale qualche caso dove classi altrimenti affini offrono un contrasto nelle loro attività locomotrici. Paragoniamo da un lato gli uccelli con i rettili e i mammiferi dall'altro. È una dottrina accettata che gli uccelli sono organizzati su un tipo strettamente affine al tipo dei rettili, ma ad esso superiore; e benchè per alcuni rispetti l'organizzazione de gli uccelli sia inferiore a quella dei mammiferi, tuttavia per altri rispetti, come per la maggiore eterogeneità e integrazione dello scheletro, per il più complesso sviluppo del sistema respiratorio, e per la più alta temperatura del sangue, si può ritenere che gli uccelli stiano al di sopra dei mammiferi. Quindi se l'accrescimento dipendesse soltanto dall'organizzazione, potremmo inferire che il limite di accrescimento tra gli uccelli non dovrebbe essere molto inferiore a quello dei mammiferi; e che il tipo-uccello dovrebbe essere suscettibile di un maggiore accrescimento che il tipo-rettile. Ancora, noi non vediamo svantaggi manifesti a cui siano soggetti gli uccelli nella ricerca del cibo, ma da cui siano liberi i rettili e i mammiferi. Al contrario, gli uccelli sono capaci di ottenere un nutrimento che non è alla portata dei rettili e dei mammiferi: e possono afferrare un cibo che si muove troppo rapidamente per poter essere ordinariamente afferrato da questi. Non di meno, il limite di accrescimento ne gli uccelli cade assai più in basso di quello raggiunto dai rettili e dai mammiferi. Con quale altro contrasto tra queste classi è connesso tale contrasto? Non possiamo noi sospettare ch'esso sia connesso (parzialmente, benchè non interamente) col contrasto tra le loro somme di attività locomotrice? Laddove i mammiferi (eccetto i pipistrelli, che sono piccoli) durante tutti i loro movimenti sono sostenuti da superficie solide o liquidi densi; e laddove i rettili (eccetto gli antichi pterodattili, che non erano molto grandi) sono in simil modo ristretti nelle loro sfere di movimento; la maggior parte de gli uccelli si muove più abitualmente attraverso un mezzo rado, in cui essi non si possono sostenere senza sforzi relativamente grandi. E a questo fatto generale si può aggiungere il fatto speciale, che quei membri della classe uccelli, come il *Dinornis* e l'*Epiornis*, i quali per la grossezza si avvicinavano ai più grandi Mammiferi e Rettili, erano esseri incapaci di volare — esseri che non spendevano questo eccesso di forza nella locomozione. Ma come si è sopra implicitamente asserito, e come sarà or ora dimostrato, un altro fattore d'importanza viene in

gioco: così che forse la prova più sicura che vi è un antagonismo tra l'aumento di volume e la quantità di moto sviluppato, è quella fornita dalla esperienza generale, che gli esseri umani e gli animali domestici, quando sono sottoposti a un eccessivo lavoro mentre crescono, sono impediti di raggiungere le dimensioni ordinarie.

È necessario esporre un'altra verità generale concernente i gradi di accrescimento. È una regola, avente eccezioni di nessuna grande importanza, che i grossi organismi cominciano la loro esistenza separata come masse di materia organica più o meno considerevoli di volume, e comunemente con organizzazioni più o meno progredite; e che in ciascun sotto-regno organico vi à una certa relazione generale, benchè irregolare, tra le dimensioni iniziali e le finali. I vegetali offrono questa relazione meno manifestamente che gli animali. Pure, quantunque tra le piante che cominciano la vita come spore minute, ve ne siano talune che, con l'ajuto di una forma intermedia, crescono fino a grosse dimensioni, l'immensa maggioranza di esse rimane piccola. Invece, al contrario, le grandi Monocotiledoni e Dicotiledoni, quando sono distaccate dalla pianta madre, ànno già gli organi formati di giovani piante, a cui sono collegate provviste di materia altamente nutritiva. Ciò è a dire, dove la giovane pianta consiste semplicemente di un centro di sviluppo, l'accrescimento ultimo è comunemente insignificante; ma dove vi dev'essere un grande accrescimento, esiste per cominciare un embrione sviluppato e una provvista di materia assimilabile. In tutto il regno animale questa relazione è abbastanza manifesta, benchè in niun modo uniforme. Fuorchè tra le classi che sfuggono alle esigenze ordinarie della vita animale, i piccoli germi o uovi non dànno origine nella maggior parte dei casi a esseri voluminosi. Dove vi è un grosso volume da raggiungere, il piccolo vien fuori da un uovo di volume considerevole, o nasce di volume considerevole già organizzato e parzialmente attivo. Nella classe dei Pesci, o in quelli tra essi che sono soggetti a condizioni simili di vita, esiste per solito qualche proporzione tra le dimensioni delle uova e le dimensioni de gl'individui adulti; benchè nel caso dello storione e del tonno vi siano eccezioni, probabilmente determinate dalle circostanze della deposizione delle uova e da quelle della vita giovanile. I rettili ànno uova che sono più poche di numero, e relativamente più grandi di massa, che quelle dei pesci; e in tutta questa classe, pure, vi è una concordanza generale tra il volume dell'uovo e il volume dell'essere adulto. Considerati come un gruppo, gli uccelli ci mostrano ulteriori limitazioni nel numero delle loro uova,

come anche un ulteriore aumento nelle loro dimensioni relative; e dalle uova minute dell'uccello mosca fino a quelle immense dell'*Epiornis*, che possono contenere parecchi litri, vediamo che, generalmente parlando, quanto maggiori le uova tanto maggiori gli uccelli. Finalmente, tra i mammiferi (omettendo i marsupiali), i piccoli nascono non solo di dimensioni relativamente grandi, ma con organizzazioni progredite; e in tutta questa suddivisione dei Vertebrati, come in tutte le altre, vi è una connessione manifesta tra le dimensioni possedute alla nascita e alla maturità. In quanto a un analogo significato, si deve finalmente notare il fatto che i piccoli di questi animali più elevati tra tutti, oltre a cominciare la vita col corpo di dimensioni considerevoli, quasi pienamente organizzato, durante periodi successivi di maggiore o minore lunghezza sono forniti di nutrimento — ne gli uccelli mercè l'alimentazione e nei mammiferi mercè l'allattamento e in seguito l'alimentazione. Così che oltre la massa e l'organizzazione direttamente ereditata, un uccello o un mammifero ottiene un'ulteriore grande massa ben poco a spese proprie.

Se s'intendesse fare una trattazione esauriente dell'argomento, sarebbe necessario consacrare un paragrafo a ciascuna delle circostanze incidentali per cui l'accrescimento può essere promosso o ristretto — a certi fatti come questi, che un entozoo è limitato dalla dimensione dell'essere, o anche dell'organo, in cui esso prospera; che un epizoo, benchè acquisti un nutrimento abbondante senza sforzi apprezzabili, è ristretto a quel piccolo volume per cui esso sfugge al pericolo di essere facilmente scoperto dall'animale ch'esso infesta; che qualche volta, come nella donnola, la piccolezza è una condizione necessaria al fortunato inseguimento de gli animali oggetto di preda; e che in alcuni casi, il vantaggio di rassomigliare a certi altri esseri, e d'ingannare così i nemici o la preda, diventa una causa indiretta di limitazione della grossezza. Ma lo scopo presente è semplicemente di esporre quelle relazioni più generali tra l'accrescimento ed altri caratteri organici, a cui ci conduce l'induzione. Dopo aver fatto ciò, procediamo a investigare se queste relazioni generali possono essere deduttivamente stabilite.

§ **44.** Che deve esistere una certa dipendenza dell'accrescimento dall'organizzazione, può essere dimostrato *a priori*. Quando consideriamo i fenomeni della Vita, o per sè stessi o nelle loro relazioni con i fenomeni circostanti, vediamo che, a parità di altre condizioni, quanto più grande è l'aggregato, tanto maggiore è la richiesta complessità di struttura.

Nelle piante, anche del tipo più elevato, vi è una mutua dipendenza di parti comparativamente piccola: se si coglie un bottone di fiore e se ne immerge lo stelo nell'acqua, esso si schiuderà e fiorirà per parecchi giorni; e un germoglio tagliato via dal suo albero e inserito nel suolo crescerà. Siccome le parti rispettive ànno attività vitali che non sono ampiamente dissimili, è possibile che un grande volume sia raggiunto senza quella complessità di struttura che è richiesta per combinare le azioni delle parti. Anche qui, tuttavia, vediamo che per il raggiungimento di un grosso volume si richiede un grado di organizzazione tale che coordini le funzioni delle radici e dei rami — vediamo che una dimensione come quella raggiunta dagli alberi, non è possibile senza un sistema vascolare che ponga in grado gli organi remoti di utilizzare reciprocamente i loro prodotti. E noi vediamo che una tale coesistenza di un grande accrescimento con una organizzazione comparativamente bassa, come si verifica in alcune delle Alghe marine, si verifica dove le condizioni di esistenza non rendono necessaria una considerevole mutua dipendenza di parti — dove, avendo la pianta una gravità specifica assai prossima a quella del mezzo in cui vive, è preclusa la necessità di uno stelo bene sviluppato, e dove essendo tutti i materiali di accrescimento derivati dall'acqua da ciascuna porzione del tallo, non si richiede alcun apparato per trasferire i semplici materiali di nutrimento da una parte all'altra. Tra gli animali i quali, con solo poche eccezioni, sono per le condizioni della loro esistenza costretti ad assorbire nutrimento attraverso una parte specializzata del corpo, è chiaro che vi dev'essere un mezzo onde questo nutrimento sia trasportato alle altre parti del corpo che devono essere alimentate da esso. È chiaro che per mantenere in modo egualmente efficace il loro stato di nutrizione, le parti di una grande massa devono avere un apparato propulsore e conduttore più elaborato; e che in proporzione del maggiore consumo a cui queste parti sono soggette, uno sviluppo ancor più considerevole del sistema vascolare è reso necessario. Lo stesso dicasi dei prerequisiti di quei moti meccanici, che gli animali sono costretti ad eseguire. Le parti di una massa non possono essere messe in moto, e i loro movimenti non possono essere coordinati in modo da produrre azioni locomotrici ed altre, senza certe disposizioni di struttura; e, a parità di altre condizioni, una data somma di tale attività richiede disposizioni di struttura più complicate in una grande massa che in una piccola. Vi dev'essere almeno un apparato coordinatore che presenti maggiori contrasti nelle sue parti centrali e periferiche.

La dipendenza limitata dell'accrescimento dall'organizzazione risulta egualmente, quando la studiamo in connessione con quell'adattamento delle relazioni interne alle esterne che costituisce la Vita, quale è fenomenicamente a noi nota. Nelle piante ciò è meno notevole che negli animali, perchè l'adattamento delle relazioni interne alle esterne non implica moti cospicui. Pure, lo si vede nel fatto che la condizione, nella quale soltanto una pianta può crescere fino a una grande dimensione, è che essa presenti, mercè lo sviluppo di un grosso tronco, relazioni interne di forze adatte a fare equilibrio a quelle relazioni esterne di forze che tendono continuamente, e ad altre che tendono occasionalmente, a distruggerla; e questa formazione di una parte centrale di fibre legnose regolarmente disposte è un progresso nell'organizzazione. In tutto il regno animale questa connessione di fenomeni è manifesta. L'ottenere materiali per l'accrescimento; l'evitare i danni che fanno ostacolo ad esso; e lo sfuggire a quei nemici che improvvisamente ad esso pongono fine; tutto implica nell'organismo il mezzo di adattare i suoi movimenti per resistere a numerose coesistenze e sequenze esterne — implica varie disposizioni di struttura tali che rendano possibili queste azioni variamente adattate. Non si può porre in dubbio che, rimanendo costante ogni altra condizione, un animale più complesso, capace di adattare la sua condotta a un maggior numero di contingenze circostanti, sarà tanto meglio atto ad assicurarsi il cibo e ad evitare il danno e a crescere così di volume. Ed evidentemente, senza alcuna limitazione, possiamo dire che un grosso animale, vivendo in condizioni complesse di esistenza, come quelle che ovunque prevalgono, non può conservarsi senza una organizzazione comparativamente elevata.

Mentre, dunque, questa relazione è attraversata e oscurata da parecchie altre relazioni, essa non può non esistere. Deduttivamente vediamo ch'essa dev'essere modificata, come induttivamente vedemmo che infatti è modificata, dalle circostanze in mezzo alle quali è posta ciascuna specie di organismi, ma ch'essa è sempre un fattore nel determinare il risultato.

§ **45.** Che l'accrescimento, *caeteris paribus*, dipende dalla provvista di materia assimilabile, è una proposizione tanto continuamente illustrata da esperienze speciali, come anche riesce tanto ovvia per la esperienza generale, che sarebbe appena necessario affermarla, se non fosse d'uopo notare le limitazioni con le quali essa deve essere presa.

I materiali, che ciascun organismo richiede per la propria formazione,

non sono di una specie, ma di parecchie specie. Come un veicolo per trasferire la materia attraverso le loro strutture, tutti gli organismi richiedono così acqua come elementi solidi; e per quanto siano abbondanti questi elementi, non vi può essere accrescimento se l'acqua manca. Tra i solidi forniti, vi dev'essere una proporzione che varia entro certi limiti. Una pianta, intorno alla quale l'acido carbonico, l'acqua e l'ammoniaca esistono nelle giuste quantità, può tuttavia essere arrestata nel suo accrescimento da una deficienza di potassio. La totale assenza di calce nel cibo può arrestare la formazione dello scheletro di un mammifero: in modo da rimpiccolire, se non eventualmente distruggere, il mammifero; e ciò senza riguardo alle quantità degli altri colloidi e cristalloidi, che sono fornite.

Ancora, la verità che, a parità di altre condizioni, l'accrescimento varia secondo la provvista di nutrimento, dev'essere limitata dalla condizione che la provvista non ecceda l'attitudine ad appropriarla. Nel regno vegetale, siccome la superficie assimilante è esterna ed è suscettibile di una rapida espansione mercè la formazione di nuove radici, germogli e foglie, l'effetto di questa limitazione non è cospicuo. Provvedendo artificialmente le piante di quei materiali a ottenere i quali esse ànno per solito la massima difficoltà, noi possiamo grandemente facilitare il loro accrescimento; e così possiamo produrre notevoli differenze di volume nella stessa specie. Anche qui, tuttavia, l'effetto è confinato entro i limiti dell'attitudine ad appropriare; poichè in mancanza di quella luce e di quel calore solare, mediante il cui aiuto è promossa la principale appropriazione, gli ulteriori materiali per l'accrescimento sono inutili. Nel regno animale questa restrizione è rigorosa. Siccome la superficie assorbente è, nella grande maggioranza dei casi, interna; siccome à un'area comparativamente piccola, che non può essere di molto ingrandita senza la ricostruzione dell'intero corpo; e siccome è in connessione con un sistema vascolare che altresì dev'essere ricostruito prima che un aumento considerevole di nutrimento possa essere reso utilizzabile; è chiaro che al di là di un certo punto, assai presto raggiunto, un aumento di nutrizione non produrrà un aumento di volume. Al contrario, se la quantità di cibo introdotto è molto al di là del potere digestivo e assorbente, l'eccesso, diventando un ostacolo alla regolare attività dell'organismo, può ritardare l'accrescimento piuttosto che promuoverlo.

Mentre dunque è certo, *a priori*, che non vi può essere accrescimento in mancanza di certe sostanze come quelle di cui un organismo consiste; e mentre è egualmente certo che la somma di accrescimento deve

essere primieramente governata dalla provvista di quelle sostanze; non è men certo che una ulteriore provvista non produrrà un ulteriore accrescimento, al di là di un punto assai presto raggiunto. Come l'induzione rende familiari, così la deduzione mostra esser necessarie queste verità: che il valore del cibo per scopo di accrescimento non dipende dalla quantità delle varie materie organizzabili ch'esso contiene, ma dalla quantità del materiale massimamente richiesto; che, data una giusta proporzione di materiali, la struttura preesistente dell'organismo limita la possibilità di utilizzarli; e che quanto più elevata è la struttura, tanto più presto è raggiunto il limite.

§ **46.** Ma perchè dovrebbe l'accrescimento di ogni organismo essere finalmente arrestato? Benchè il grado di accrescimento possa, in ciascun caso, essere necessariamente ristretto entro limiti angusti di variazione — benchè l'incremento, che è possibile in un dato tempo, non possa eccedere una certa somma; pure perchè dovrebbe l'incremento diminuire e finalmente diventare insensibile? Perchè non dovrebbero tutti gli organismi, quando fossero forniti di materiali sufficienti, continuare a crescere fino a che essi vivono? Per trovare una risposta a tale questione dobbiamo ritornare alla natura e alle funzioni della materia organica.

Nei primi tre capitoli della Parte I fu dimostrato che le piante e gli animali principalmente consistono di sostanze in stati di equilibrio instabile — sostanze le quali sono state elevate a questo equilibrio instabile mercè il dispendio delle forze da noi conosciute come radiazioni solari, e che restituiscono queste forze sotto altre forme cadendo in stato di equilibrio stabile. Lasciando da parte l'acqua, che serve come un veicolo per questi materiali e un mezzo per i loro cambiamenti; ed escludendo quelle materie minerali che rappresentano parti passive o sussidiarie; gli organismi sono formati di composti che sono magazzini di forza. Così i colloidi e cristalloidi complessi che, uniti insieme, formano i corpi organizzati, sono gli stessi colloidi e cristalloidi che restituiscono, alla loro decomposizione, le forze spese dai corpi organizzati. Così, queste sostanze azotate e carboniche essendo a un tempo i materiali per l'accrescimento organico e le sorgenti dell'energia organica, ne risulta che quanta parte di essi è adoperata per la genesi dell'energia, tanta è tolta ai mezzi di accrescimento, e quanta parte è economizzata col diminuire la genesi dell'energia, tanta è utilizzabile per l'accrescimento. Data quella quantità limitata di materia nutritiva, che

la struttura preesistente di un organismo lo pone in grado di assorbire; è un corollario necessario dalla persistenza della forza, che la materia accumulata come accrescimento non può eccedere quel soprappiù che rimane indecomposto dopo la produzione delle somme richieste di moto sensibile e insensibile. Questo, che sarebbe rigorosamente vero sotto tutte le condizioni se le medesime sostanze fossero adoperate esattamente nelle medesime proporzioni per la produzione della forza e per la formazione del tessuto, dev'essere tuttavia preso con la limitazione che alcune delle sostanze che sviluppano la forza non sono costituenti del tessuto; e che così vi può essere una genesi di forza che non è a spese dell'accrescimento potenziale. Ma siccome gli organismi (o almeno gli organismi animali, di cui ci dobbiamo qui principalmente occupare) ànno un certo potere di assorbimento elettivo, il quale, parzialmente in un individuo e più completamente in una razza, adatta le proporzioni delle sostanze assorbite ai bisogni del sistema; allora, se un certo dispendio abituale di forze conduce a un certo assorbimento abituale di materie produttrici di forza, che non sono utilizzabili per l'accrescimento, e se, ove vi fosse minor necessità di tali materie, l'attitudine ad assorbire materie utilizzabili per l'accrescimento sarebbe aumentata in una misura equivalente, ne segue che l'antagonismo descritto, a lungo andare, vale anche senza questa limitazione. Quindi, l'accrescimento è in sostanza equivalente al nutrimento assorbito, meno il nutrimento adoperato nell'agire.

Questa, tuttavia, non è una risposta alla questione — perchè à l'accrescimento individuale un limite? — perchè i progressi dell'accrescimento sono in un rapporto decrescente con la massa e finalmente vengono a fine? La questione è complicata. Non una, ma più cause vi sono per cui l'eccesso del nutrimento assorbito sul nutrimento consumato deve, a parità di altre condizioni, diventare minore a misura che il volume dell'animale diventa più grande. In corpi della stessa forma le masse, e per ciò i pesi, variano come i cubi delle dimensioni; laddove il potere di sopportare le pressioni imposte dai pesi varia come il quadrato delle dimensioni. Si supponga un essere il quale un anno fa era dell'altezza di un piede, ed è ora divenuto dell'altezza di due piedi, mentre esso è immutato nelle proporzioni e nella struttura; quali sono i necessari cambiamenti concomitanti? Esso è otto volte più pesante; ciò è a dire, esso à da resistere otto volte la tensione che la gravitazione pone su alcune delle sue parti; e quando si verifica un improvviso arresto di moto o una improvvisa genesi di moto, i muscoli impie-

gati sono sottoposti a una tensione otto volte più grande. Intanto nei muscoli e nelle ossa è singolarmente cresciuta la capacità di sopportare tensioni in proporzione delle aree delle loro sezioni trasversali, e quindi singolarmente possiedono soltanto quattro volte la tenacità che avevano. Questa relativa diminuzione nella facoltà di sopportare pressioni non implica una diminuzione relativa nella facoltà di generare energia e di muovere il corpo; poichè nel caso supposto i muscoli non solo sono divenuti quattro volte più grandi nelle loro sezioni trasversali, ma sono divenuti due volte più lunghi, e genereranno per ciò una somma di energia proporzionata al loro volume. La conseguenza è semplicemente questa, che ciascun muscolo à soltanto per metà la facoltà di resistere a quegli urti e a quelle tensioni che i movimenti dell'animale portano con sè; e che conseguentemente l'animale o dev'essere meno capace di sopportar questi, o deve avere muscoli ed ossa che possiedano dimensioni trasversali relativamente più grandi: donde risulta che un maggior costo di nutrizione è inevitabilmente prodotto e per ciò una tendenza correlativa a limitare l'accrescimento. Questa necessità si vedrà ancor più chiaramente, se noi lasciamo fuori l'apparato motore, e consideriamo soltanto le forze richieste e i mezzi di provvederle. Infatti, siccome, in corpi simili, le aree variano come i quadrati delle dimensioni, e le masse variano come i cubi; ne segue che la superficie assorbente è divenuta quattro volte più grande, mentre il peso che dev'esser mosso dalla materia assorbita è divenuto otto volte più grande. Se dunque un anno fa la superficie assorbente poteva prendere il doppio del nutrimento che era richiesto per il dispendio, lasciando così una metà per l'accrescimento, essa è ora capace soltanto di coprire il dispendio, e nulla può provvedere per l'accrescimento. Per quanto grande possa essere l'eccesso dell'assimilazione sul consumo durante le prime fasi di vita di un organismo attivo, vediamo che siccome una serie di numeri crescenti come i cubi sorpassa una serie crescente come i quadrati, anche se parte da un numero assai più piccolo, si deve raggiungere, se l'organismo vive abbastanza lungamente, un punto in cui l'assimilazione in eccesso è abbassata a nulla — un punto in cui il dispendio fa equilibrio alla nutrizione — uno stato di equilibrio mobile. L'unica via per cui si può far fronte alla difficoltà è mercè la riorganizzazione graduale del sistema alimentare; e, in primo luogo, ciò impone all'organismo una spesa diretta, e, in secondo luogo, una spesa indiretta per il trasporto di un maggior peso: fatti che tendono ambedue verso la limitazione. Vi sono due relazioni varianti tra i gradi di accrescimento

e le somme di forza spese; una delle quali conspira con l'ultima, mentre l'altra è in conflitto con essa. Consideriamo, in primo luogo, a quale costo il nutrimento è distribuito attraverso il corpo e le materie inutili sono rimosse da esso. Siccome ciascun incremento nel processo di accrescimento è aggiunto alla periferia dell'organismo, la forza spesa nel trasferimento della materia deve aumentare in una rapida progressione — una progressione più rapida di quella della massa. Ma siccome la spesa dinamica della distribuzione è piccola paragonata col valore dinamico dei materiali distribuiti, questo elemento nel calcolo è di nessuna importanza. Ora si consideri, in secondo luogo, la mutevole proporzione tra produzione e perdita di calore. In organismi simili le quantità di calore generato da azioni simili, che procedono in tutta la loro sostanza, devono aumentare come le masse, o come i cubi delle dimensioni. Intanto le superficie, da cui à luogo la perdita di calore, aumentano soltanto come i quadrati delle dimensioni. Benchè la perdita di calore non aumenti per ciò soltanto come i quadrati delle dimensioni, essa aumenta certamente in un grado minore dei cubi. E nella misura in cui l'aumento della massa risulta in una maggior ritenzione di calore, esso effettua una economia di forza. Questo vantaggio non è, tuttavia, così importante come da prima appare. Il calore organico è un concomitante dell'azione organica, ed esso è così abbondantemente prodotto durante l'azione, che la perdita di esso è allora per solito di nessuna conseguenza: in vero la perdita spesso non è rapida abbastanza per impedire alla provvista di elevarsi fino a un eccesso inopportuno. È principalmente per rispetto a quel mantenimento del calore che è necessario durante la quiescenza, che i grandi organismi ànno un vantaggio sopra i piccoli in questa perdita relativamente diminuita. Così, queste due relazioni sussidiarie tra gradi di accrescimento e somme di forza spesa essendo in antagonismo, noi possiamo concludere che il loro risultato differenziale non modifica grandemente il risultato della relazione principale.

I confronti di queste deduzioni con i fatti sembra che in alcuni casi le verifichino e in altri casi no. In tutto il regno vegetale non vi sono limiti distinti all'accrescimento, fuorchè quelli che la morte porta con sè. Lasciando da parte un gran numero di piante che non eccedono mai una dimensione comparativamente piccola, poichè esse interamente o parzialmente muojono alla fine dell'anno, e considerando soltanto gli alberi che annualmente mettono fuori nuovi germogli, anche quando i loro tronchi sono resi vuoti dalla vecchiaja; noi possiamo domandarci — Come accade qui che l'accrescimento è illimitato? La risposta è,

che le piante sono soltanto accumulatori; esse non sono punto in un grado molto apprezzabile consumatori. Siccome esse non sono soggette a consumo, non v'è alcuna ragione perchè il loro accrescimento dovrebb'essere arrestato dall'equilibrio tra assimilazione e consumo. Ancora, tra gli animali vi sono ragioni sufficienti per cui la corrispondenza non può essere più che approssimativa. Oltre al fatto sopra notato, che vi sono altre relazioni varianti che complicano la principale, dobbiamo tenere in mente che i corpi paragonati non sono veramente simili: le proporzioni del tronco rispetto a le membra e del tronco rispetto a la testa variano considerevolmente. Il confronto è ancor più gravemente viziato dal rapporto incostante tra gli elementi costitutivi di cui il corpo è composto. Nella carne dei mammiferi adulti, l'acqua forma dal 68 al 71 per cento, la sostanza organica dal 24 al 28 per cento, e la sostanza inorganica dal 3 al 5 per cento; laddove nello stato fetale, l'acqua ammonta all'87 per cento, e gli elementi organici solidi soltanto all'11 per cento. Evidentemente questo cambiamento da uno stato in cui la materia sviluppatrice di forza forma un decimo del tutto, a uno stato in cui essa forma due decimi e mezzo, deve grandemente ostacolare il parallelismo tra la progressione effettiva e la teoretica. Pure un'altra difficoltà può presentarsi. Si dice che il coccodrillo continua a crescere finchè vive; e sembra esservi ragione per credere che alcuni pesci di preda, come il luccio, fanno lo stesso. Che questi animali di organizzazione comparativamente elevata non ànno limiti definiti di accrescimento, è, tuttavia, un fatto eccezionale dovuto al non adempimento eccezionale di quelle condizioni che portano con sè la limitazione. Quale specie di vita conduce un coccodrillo? Esso è un animale a sangue freddo, o quasi a sangue freddo; cioè, spende assai poco per il mantenimento del calore. Esso è abitualmente inerte; non andando per solito in caccia di preda, ma stando in agguato aspettandola; ed è sottoposto a sforzi considerevoli solo durante le sue brevi contese occasionali con la preda. Certi altri sforzi, come quelli che sono necessari, a intervalli, per muovere da luogo a luogo, sono resi piccoli dalla piccola differenza tra la gravità specifica dell'animale e quella dell'acqua. Così il coccodrillo spende nell'azione muscolare una somma di forza che è insignificante paragonata con la forza comunemente spesa dagli animali di terra. Quindi la sua assimilazione abituale è diminuita assai meno del solito dal consumo abituale; e cominciando con una sproporzione eccessiva tra quella e questo, è affatto possibile che la prima non perda mai del tutto la sua prevalenza sul secondo finchè

continua la vita. Esaminando più attentamente certi casi come questo e quello del luccio che è similmente a sangue freddo, similmente giace in agguato, ed è similmente capace di ottenere specie sempre più grandi di preda a misura ch'esso aumenta di volume; noi scopriamo una ulteriore ragione per questa mancanza di un limite definito. Per superare la forza gravitativa l'animale non à da spendere una forza muscolare che è grande all'inizio, e aumenta come i cubi delle sue dimensioni: il denso mezzo in cui vive lo sostiene. L'eccezionale continuazione di accrescimento, che si osserva negli animali viventi in tali circostanze, è per ciò perfettamente esplicabile.

§ **46** *a*. Se torniamo indietro alle conclusioni esposte nel paragrafo precedente, troviamo che da alcune di esse si possono trarre corollari istruttivi concernenti i limiti delle dimensioni di animali che abitano mezzi differenti. Più specialmente io alludo a quelle proporzioni variabili tra massa e sforzo, da cui risulta, come abbiamo visto, che coll'aumento del volume diminuisce la facoltà di sostenersi meccanicamente: una relazione illustrata nella sua forma più semplice dal contrasto tra una goccia di rugiada, che può conservare la sua forma sferoidale, e la massa estesa d'acqua che risulta quando molte gocce di rugiada si uniscono insieme. L'uccello più grosso che vola (l'argomento esclude gli uccelli che non volano) è il Condor, il quale raggiunge un peso di 30 fino a 40 libbre inglesi. Perchè non esiste un uccello della grandezza di un elefante? Supponendo che le sue abitudini fossero carnivore, esso avrebbe molti vantaggi nell'ottenere la preda: i mammiferi sarebbero in suo potere. Evidentemente la ragione è quella che è stata indicata — la ragione che mentre il peso da sollevare e da essere tenuto nell'aria da un uccello cresce come i cubi delle sue dimensioni, l'attitudine delle sue ossa e de' suoi muscoli a resistere agli sforzi, che il volo rende necessari, aumenta soltanto come i quadrati delle dimensioni. Benchè, ove i muscoli fossero in grado di sostenere qualsiasi sforzo di contrazione al quale essi fossero soggetti, la forza come il peso potrebbe crescere in ragione cubica, pure siccome la conformazione del muscolo è tale che al di là di una certa tensione esso si rompe, ne risulta che presto è raggiunto un volume in cui il volo diventa impossibile; le strutture devono cedere. In un paragrafo precedente il limite del volume dei volatili fu attribuito al maggior costo fisiologico dell'energia richiesta; ma sembra probabile che l'ostacolo meccanico qui indicato abbia una parte più grande nel determinare il limite.

In una maniera analoga risulta in un animale terrestre una limitazione dell'accrescimento, che non esiste per un animale vivente nell'acqua. Se, dopo aver confrontato gli agili movimenti di un cane con quelli di una vacca, il cui gran peso manifestamente impedisce l'agilità; o se, dopo aver osservato la carne dondolante di un elefante mentr'esso si muove, consideriamo ciò che accadrebbe se potesse formarsi un animale terrestre eguale nella massa alla balena (i lunghi Dinosauri non erano di una massa proporzionata), non occorre alcun argomento per dimostrare che un tal essere non potrebbe mantenersi in piedi, tanto meno muoversi. Ma nell'acqua la tensione, a cui il peso delle varie parti sottopone le sue strutture, è quasi del tutto, se non del tutto, tolta. La probabile limitazione nella quantità di nutrimento da ottenere diventa ora la principale, se non l'unica, restrizione.

E qui possiamo notare, prima di lasciare l'argomento, qualche cosa di simile a un'influenza opposta che viene in gioco tra gli esseri che abitano l'acqua. Fino al punto in cui i muscoli si rompono per la tensione eccessiva, esseri più grandi e più piccoli, del resto simili, rimangono sullo stesso piano rispetto alle somme relative di energia ch'essi possono sviluppare. Se essi non avessero da incontrare alcuna resistenza dal loro mezzo, la conseguenza sarebbe che nessuna delle due classi avrebbe un vantaggio sull'altra rispetto alla rapidità. Ma la resistenza del mezzo viene in gioco; e questo, a parità di altre condizioni, dà all'essere più grande un vantaggio. Si è trovato, sperimentalmente, che le forze da esser superate dalle navi che si muovono attraverso l'acqua, costruite come sono con le parti posteriori immerse che si vanno restringendo verso l'estremità come i pesci, sono principalmente dovute a ciò che si chiama «attrito della pelle». Ora in due pesci dissimili di volume ma altrimenti simili, l'attrito della pelle sta con l'energia che può esser generata in un rapporto minore nel più grande che nel più piccolo; e il più grande può per ciò acquistare una maggiore velocità. Di qui la ragione perchè diventano possibili i grossi pesci, come il pescecane. In un ambiente dove non c'è alcun nascondiglio (salvo in casi eccezionali come quello del *Lophius* o rana pescatrice) ogni cosa dipende dalla rapidità; e se, a parità di altre condizioni, un pesce più grande non avesse alcun vantaggio meccanico sopra uno più piccolo, il primo non potrebbe esistere — non potrebbe prendere la quantità richiesta di preda.

§ **47.** Manifestamente questo antagonismo tra l'accumulazione e il dispendio dev'essere una causa prevalente dei contrasti di volume tra organismi affini, che sono per molti rispetti similmente condizionati. La vita seguita da ciascuna specie di animale è tale che implica una certa somma media di attività per il conseguimento di una data somma di nutrimento — un'attività, parte della quale è impiegata nel raccogliere o andare in cerca di nutrimento, parte nel romperlo e masticarlo, e parte nei processi ulteriori richiesti per separare le molecole nutritive — un'attività la quale per ciò varia secondo che il cibo è abbondante o scarso, fisso o mobile, secondo ch'esso è meccanicamente agevole o difficile da trattare quando è assicurato, e secondo ch'esso è o non è prontamente solubile. Quindi, mentre tra gli animali della stessa specie che ànno lo stesso modo di vita, vi sarà un accordo abbastanza costante tra l'accumulazione e il consumo, e per ciò un limite abbastanza costante di accrescimento, v'è ogni ragione per aspettarsi che differenti specie, seguendo differenti forme di vita, avranno rapporti dissimili tra l'accumulazione e il consumo, e per ciò limiti dissimili di accrescimento.

Benchè i fatti come sono induttivamente stabiliti mostrino un'armonia generale con questa deduzione, noi non possiamo per solito rintracciarla in alcun modo specifico: poichè i fattori in conflitto tra loro o in accordo, che influiscono sull'accrescimento, sono così numerosi.

§ **48.** V'è ancora da considerare una delle cause principali, se non la causa principale, delle differenze tra le dimensioni de gli organismi. Noi siamo condotti ad essa spingendo un poco più oltre l'indagine precedente. Si è dimostrato che gli animali piccoli possiedono un vantaggio sui più grandi nel maggior rapporto in cui, a parità di altre condizioni, l'assimilazione sta col consumo; e abbiamo visto che quindi gli animali piccoli, nel diventare grandi, a grado a grado perdono quel soprappiù di forza assimilatrice che essi avevano, e da ultimo non possono assimilare più di quanto è richiesto per fare equilibrio al consumo. Ma come questi animali mentre sono giovani e piccoli vengono ad avere un avanzo di forza assimilatrice? Ànno tutti gli animali avanzi eguali di forza assimilatrice? E se no, fino a che punto le differenze tra gli avanzi determinano le differenze tra i limiti di accrescimento? Nel rispondere a tali questioni troveremo l'interpretazione di molti contrasti notevoli nell'accrescimento, che non sono dovuti ad alcune delle cause sopra assegnate. Per esempio, un bue eccede immensamente una pecora nella massa. Pure questi due animali vivono di generazione in generazione ne

gli stessi campi, mangiano la stessa erba, ottengono questi alimenti con lo stesso piccolo dispendio di energia, e non differiscono quasi affatto nei loro gradi di organizzazione. Donde sorge, dunque, la loro spiccata dissomiglianza di grossezza?

Studiando i fenomeni dell'accrescimento induttivamente, notammo che gli organismi dei tipi più grandi e più elevati cominciano la loro esistenza separata come masse di materia organica che ànno una certa grossezza. Generalmente parlando, vedemmo che in ciascun sotto-regno organico l'acquisizione di un grande volume à luogo soltanto dove il volume incipiente e l'organizzazione sono considerevoli; e che essi sono tanto più considerevoli in proporzione della complessità della vita che l'organismo à da condurre.

L'interpretazione deduttiva di questa induzione può meglio essere cominciata mediante un'analogia. Un venditore ambulante di aranci non fa che un profitto minimo in ciascun affare; e a meno che non sia più che ordinariamente fortunato, egli è incapace di realizzare durante la giornata una somma più grande di quella che sarà sufficiente a' suoi bisogni; il che lo costringe a ricominciare la mattina dopo nella stessa condizione di prima. Il commercio del bottegajo, che si limita a vendere il tè in once e lo zucchero in libbre, è un commercio che similmente porta con sè molta fatica e pochi guadagni. Cominciando con un capitale di poche sterline, egli non può avere un negozio abbastanza grande, o merci sufficientemente abbondanti e varie, per permettere affari estesi. Egli deve contentarsi del centesimo e del soldo che guadagna con le piccole vendite alla gente povera; e se evitando debiti cattivi, egli è capace mediante una economia rigorosa ad accumulare qualche cosa, ciò non può essere che una piccolezza. Un grande negoziante al minuto è obbligato a impiegare molto denaro nel metter su uno stabilimento adeguato; deve investire una somma ancor più grande nella provvista delle mercanzie; e deve avere inoltre un capitale fluttuante per far fronte a gl'impegni che scadono prima che egli possa realizzare i suoi profitti. Cominciando, tuttavia, con mezzi sufficienti per questi scopi, egli è capace di fare molte e grandi vendite; e conseguire così maggiori e più numerosi incrementi di guadagno. Similmente, per ricavare le migliaja, commercianti e industriali devono fare i loro investimenti in diecine di migliaja. In breve, la rapidità con cui si accumula la ricchezza di un uomo è misurata dall'avanzo delle entrate sulle spese; e questo, salvo in casi eccezionalmente favorevoli, è determinato dal capitale con cui egli comincia i suoi affari. Ora applicando l'analogia,

noi possiamo rintracciare nei processi di un organismo, gli stessi tre elementi ultimi. Vi è il dispendio richiesto per l'ottenimento e la digestione del cibo; vi è il reddito generale nella forma di nutrimento assimilato o adatto all'assimilazione; e v'è la differenza tra questo reddito generale di nutrimento e il nutrimento adoperato nella fatica di assicurarlo — una differenza che può essere un profitto o una perdita. Evidentemente, tuttavia, un soprappiù implica che la forza spesa è minore della forza latente nel cibo assimilato. Evidentemente, pure, l'incremento della crescenza è limitato alla somma di questo soprappiù dell'entrata sulla spesa; così che una grande crescenza implica tanto che l'eccesso della nutrizione sul consumo sia relativamente considerevole, quanto che il consumo e la nutrizione siano in ampia misura. Ed evidentemente, la capacità di un organismo di spendere largamente e di assimilare largamente, in modo da rendere possibile un grande soprappiù, presuppone un grosso capitale fisiologico sotto la forma di materia organica più o meno sviluppata nelle disposizioni della sua struttura.

In tutto il regno vegetale, le illustrazioni di questa verità non sono cospicue e regolari: il che à la sua ovvia ragione in ciò, che siccome le piante sono accumulatori e in così piccol grado consumatori, le premesse dell'argomento precedente non sono che assai parzialmente realizzate. Siccome il cibo delle piante (eccettuati i funghi e certi parassiti) è in gran misura il medesimo per tutte, e siccome le bagna tutte in modo che può essere assorbito senza sforzo, i loro processi vitali ànno quasi interamente per risultato un profitto. Una volta che è sufficientemente radicata in un luogo adatto, una pianta può così fin dall'inizio aggiungere al capitale una proporzione assai grande delle sue intere entrate; e presto può essere in grado di condurre avanti i suoi processi in grande, benchè da principio non accada così. Quando, tuttavia, le piante sono consumatrici, cioè durante la loro germinazione e le prime fasi di accrescimento, i loro gradi di accrescimento *sono* determinati dalle loro somme di capitale vitale. Egli è perchè il giovane albero comincia la vita con un embrione già formato e una provvista di cibo sufficiente per durare qualche tempo, ch'esso è posto in grado di metter radice e di elevare il suo capo al di sopra delle erbe circostanti. In tutto il regno animale, tuttavia, la necessità di questa relazione è ovunque ovvia. Il piccolo carnivoro, che fa preda di piccoli erbivori, può aumentare il volume soltanto per piccoli incrementi: poichè la sua organizzazione lo rende disadatto a digerire esseri più grossi, anche se li può uccidere, esso non può trarre profitto da somme di nutrimento che eccedono un

limite angusto; e gl'incrementi possibili della sua crescenza essendo piccoli fin dall'inizio, e rapidamente decrescendo, devono venire a un termine prima che sia raggiunto un qualche volume considerevole. Manifestamente il giovane leone, nato di dimensioni abbastanza grandi, allattato finchè è assai più grosso, e nutrito finchè è mezzo cresciuto, è reso capace in virtù della forza e della organizzazione, ch'esso acquista così gratuitamente, di prendere e uccidere animali grossi abbastanza per dargli la provvista di nutrimento richiesta onde far fronte al grande dispendio delle sue energie e pure lasciare un grande avanzo per l'accrescimento. Così, dunque, si spiega il sopra ricordato contrasto tra il bue e la pecora. Un vitello e un agnello cominciano i loro processi fisiologici in gradi ampiamente differenti; i loro primi incrementi di crescenza offrono un simile contrasto nelle loro somme; e le due serie decrescenti ànno termine in limiti similmente opposti.

§ **49.** Tali sono le diverse condizioni da cui sono determinati i fenomeni dell'accrescimento. In accordo e in conflitto tra loro in infiniti gradi dissimili, esse in ogni caso modificano reciprocamente in guisa più o meno differente i loro effetti. Quindi accade che noi siamo costretti ad affermare ciascuna generalizzazione come vera in media, o a porre la limitazione — a parità di altre condizioni.

Intese in questa forma limitata, le nostre conclusioni sono queste. Primo, che siccome l'accrescimento è una integrazione con l'organismo di quelle materie circostanti che sono di natura simile alle materie che compongono l'organismo, l'accrescimento di questo dipende dalla provvista utilizzabile di esse. Secondo, che data la stessa provvista utilizzabile di materia assimilabile, e date non dissimili le altre condizioni, il grado di accrescimento varia secondo l'avanzo della nutrizione sul consumo — una generalizzazione la quale è illustrata in alcuni dei più larghi contrasti tra le differenti divisioni di organismi. Terzo, che nel medesimo organismo l'avanzo della nutrizione sul consumo differisce in differenti fasi; e che l'accrescimento è illimitato o à un limite definito secondo che l'avanzo diminuisce o no rapidamente. Di questa proposizione trovammo esempi nell'accrescimento quasi incessante di organismi che spendono relativamente poca energia; e nell'accrescimento definitamente limitato di organismi che spendono molta energia. Quarto, che tra gli organismi che sono grandi consumatori di forza, il volume da ultimo raggiunto è, a parità di altre condizioni, determinato dal volume iniziale: conclu-

sione per provare la quale abbiamo fatti abbondanti, come pure la necessità *a priori* che le somme totali di serie decrescenti analoghe devono dipendere dalle somme dei loro termini iniziali. Quinto, che dove la somiglianza di altre circostanze permette un confronto, l'estensione possibile dell'accrescimento dipende dal grado di organizzazione: conclusione comprovata dalle forme più grosse che si trovano tra le varie divisioni e suddivisioni di organismi.

CAPITOLO II.

Sviluppo (1).

§ **50.** Certi aspetti generali dello Sviluppo possono essere studiati indipendentemente da qualsiasi esame delle strutture interne. Questi contrasti fondamentali tra i modi di disposizione delle parti, dando origine come fanno alle principali distinzioni esterne tra le varie forme di organizzazione, saranno meglio trattati all'inizio. Se tutti gli organismi sono sorti per Evoluzione, naturalmente non è da aspettarsi che tali diversi modi di sviluppo possano esser assolutamente separati: noi siamo certi di trovarli uniti per mezzo di forme transitorie. Ma premettendo che una classificazione non può che approssimativamente rappresentare i fatti, troveremo che ve n'è una la quale giova ai nostri concetti generali dello Sviluppo.

Lo sviluppo è primieramente *centrale*. Tutte le forme organiche, di cui l'intera storia è conosciuta, cominciano con una disposizione simmetrica delle parti intorno a un centro. Ne gli organismi del grado più infimo nessun altro modo di disposizione è mai definitamente stabilito; e ne gli organismi più elevati lo sviluppo centrale, benchè subordinato a un altro modo di sviluppo, continua a mostrarsi abitualmente

(1) Nel linguaggio ordinario la parola Sviluppo è spesso adoperata come sinonimo di Accrescimento. Sembra quindi necessario dire che Sviluppo, come il vocabolo è adoperato qui e in seguito, significa *aumento di struttura* e non *aumento di volume*. Si può aggiungere che la parola Evoluzione, che comprende tanto l'accrescimento quanto lo sviluppo, dev'essere riserbata per le occasioni in cui sono inclusi ambedue.

nei cambiamenti della struttura minuta. Diamo uno sguardo a queste proposizioni nel concreto. Realmente ogni pianta e ogni animale nella sua primissima fase è una porzione di protoplasma, nella grande maggioranza dei casi approssimativamente sferica ma qualche volta allungata, la quale contiene un corpo rotondato consistente di protoplasma specialmente modificato, che si chiama nucleo; e i primi cambiamenti che avvengono nel germe così costituito, sono cambiamenti che ànno luogo in questo nucleo, seguìti da cambiamenti intorno ai centri prodotti per divisione di questo centro originario. Da questo tipo di struttura, gli organismi più semplici non si dipartono; o non si dipartono in alcun modo definito o notevole. Tra le piante, molte delle più semplici Alghe e Funghi mantengono permanentemente una tale distribuzione centrale; mentre tra gli animali essa è permanentemente mantenuta da esseri come la *Gregarina*, e in una maniera differente dall'*Amoeba*, dall'*Actinophrys*, e i loro affini: le irregolarità, che sono molte e grandi, non distruggono questa relazione generale di parti. Ne gli organismi più grossi, costituiti principalmente di unità che sono analoghe a questi organismi più semplici, la formazione delle unità continua sempre ad aver luogo intorno ai nuclei; benchè per solito i nuclei presto cessino di essere collocati centralmente.

Lo sviluppo centrale si può distinguere in *unicentrale* e *multicentrale*; secondo che il prodotto del germe originario si sviluppa più o meno simmetricamente intorno a un centro, o si sviluppa senza subordinazione a un centro unico — si sviluppa, cioè, in subordinazione a molti centri. Lo sviluppo unicentrale, come si manifesta non nella formazione di singole cellule ma nella formazione di aggregati, non è comune. Il regno animale lo mostra soltanto in alcuni membri del piccolo gruppo dei Radiolari viventi in colonie. Esso è debolmente rappresentato nel regno vegetale da pochi membri dei Volvocini. Dall'altro lato, lo sviluppo multicentrale, o sviluppo intorno a centri insubordinati, è variamente esemplificato in ambedue le divisioni del mondo organico. Esso è esemplificato in due maniere distinte, secondo che la insubordinazione tra i centri di sviluppo è parziale o totale. Noi possiamo nel modo più opportuno considerarlo sotto i due aspetti che ne derivano.

La totale insubordinazione tra i centri di sviluppo è mostrata dove le unità o cellule, non appena sono singolarmente formate, si dividono e menano una vita indipendente. Questo, nel regno vegetale, abitualmente accade tra i Protofiti, e nel regno animale tra i Protozoi. La insubordinazione parziale si vede in quegli organismi alquanto progre-

diti, che consistono di unità le quali, benchè non si siano separate, ànno così poca mutua dipendenza che l'aggregato ch'esse formano è irregolare. Tra le piante, le Tallofite assai generalmente esemplificano questo modo di sviluppo. I Licheni, che si estendono con gli orli piani o corrugati in questa o quella direzione secondo che determinano le condizioni, non ànno alcuna manifesta coordinazione di parti. Tra le Alghe, le Nostocacee e varie altre forme similmente ci mostrano una struttura non simmetrica. Dei Funghi possiamo dire che le specie striscianti non manifestano una dipendenza di una parte dall'altra maggiore di quella che è presupposta dalla loro coesione. E anche in certe piante meglio organizzate, come la *Marchantia*, la disposizione generale non mostra alcun riferimento a un centro direttivo. Tra gli animali, molte delle Spugne nelle loro forme adulte si possono citare come prive di quella coordinazione che è presupposta dalla simmetria: le unità che le compongono, benchè abbiano qualche subordinazione a centri locali, non ànno alcuna subordinazione a un centro generale. Per distinguere quella specie di sviluppo in cui l'intero prodotto di un germe è coerente in una massa unica, da quella specie di sviluppo in cui esso non lo è, il Prof. Huxley à introdotto le parole « *continuo* » e « *discontinuo* »; e queste sembrano le meglio adatte allo scopo. Lo sviluppo multicentrale, dunque, si può dividere in continuo e discontinuo.

Dallo sviluppo centrale passiamo insensibilmente a quella specie più alta di sviluppo, per cui il nome *assiale* sembra essere il più appropriato. Una tendenza verso di questo è vagamente manifestata quasi ovunque. La grande maggioranza anche dei Protofiti e dei Protozoi ànno differenti dimensioni longitudinali e trasversali, ànno una struttura assiale oscura se non distinta. Le unità originariamente sferoidali e poliedriche, di cui sono principalmente costruiti gli organismi più elevati, per solito assumono forme che sono subordinate a linee piuttosto che a punti. E nei più alti organismi, considerati ciascuno come un tutto, una disposizione delle parti in rapporto a un asse è distinta e quasi universale. La vediamo ne gli ordini superiori delle Tallofite; e in tutte le piante cormofitiche. Con poche eccezioni la presentano chiaramente i Celenterati; la si può seguire, benchè meno notevolmente, in tutti i Molluschi; e gli Anellidi, gli Artropodi e i Vertebrati uniformemente la mostrano con perfetta determinatezza.

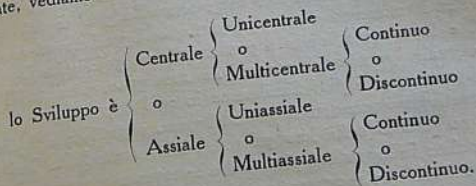
Questa specie di sviluppo, come la prima, è di due ordini. L'intero prodotto del germe si può disporre intorno a un singolo asse, o si può disporre intorno a molti assi: la struttura può essere *uniassiale* o

multiassiale. Ciascuna divisione del regno organico fornisce esempi di ambedue questi ordini. In quei Funghi che presentano affatto uno sviluppo assiale, noi comunemente vediamo lo sviluppo intorno a un asse singolo. Alcune delle Alghe, come l'alga comune, ci offrono questa disposizione. E delle piante più elevate, molte Monocotiledoni e piccole Dicotiledoni sono uniassiali. De gli animali, quelli progrediti sono senza eccezione in questa categoria. Non v'è alcun vertebrato conosciuto in cui l'intero prodotto del germe non sia subordinato a un singolo asse. Ne gli Artropodi, il medesimo è universale; come è altresì ne gli ordini superiori dei Molluschi. Lo sviluppo multiassiale avviene nella maggior parte delle piante con le quali noi siamo familiari, poichè ogni ramo di un arbusto o di un albero è un asse indipendente. Ma mentre nel regno vegetale lo sviluppo multiassiale prevale tra i tipi più elevati, nel regno animale esso prevale soltanto tra i tipi più bassi. Esso è estremamente generale, se non universale, tra i Celenterati; è caratteristico dei Polizoi; le Ascidie composte lo presentano; e lo si vede, benchè sotto un'altra forma, in alcuni de gli Anellidi inferiori.

Lo sviluppo assiale, al pari dello sviluppo centrale, può essere continuo e discontinuo: le parti che ànno assi differenti possono continuare a stare unite, o possono separarsi. Esempi di ciascuna alternativa sono forniti tanto dalle piante quanto da gli animali. Lo sviluppo multiassiale continuo è quello che le piante per solito manifestano, e non occorre che sia ulteriormente illustrato che col rimandare a qualsiasi giardino. Come casi di esso per gli animali si possono menzionare tutti gl'Idrozoi e gli Antozoi composti; e certe forme di ascidie come le *Botryllidae*. Dello sviluppo multiassiale che è discontinuo, un esempio familiare tra le piante esiste nella fragola comune. Questa manda fuori sopra la superficie circostante lunghi germogli sottili, che portano alle loro estremità gemme le quali tosto mettono radice e diventano nuovi individui; e questi a poco a poco perdono le loro connessioni con l'asse originario. Altre piante vi sono che producono certe gemme specializzate dette bulbilli, che separandosi e cadendo al suolo crescono formando piante indipendenti. Tra gli animali l'Idra d'acqua dolce assai chiaramente mostra questo modo di sviluppo: i giovani polipi, spuntando fuori dalla sua superficie, singolarmente dispongono le loro parti intorno ad assi distinti, e da ultimo distaccandosi conducono una vita separata, e producono altri polipi nella stessa maniera. In alcuni de gli Anellidi inferiori, questa moltiplicazione di assi da un asse originario procede in un modo differente: la fila di segmenti spontaneamente si divide; e dopo

un ulteriore accrescimento, la divisione ricorre in una delle metà o in ambedue. Inoltre nella *Syllis ramosa* avviene anche una ramificazione laterale.

Raggruppando insieme le sue diverse forme come sono state sopra delineate, vediamo che

lo Sviluppo è
- Centrale
  - Unicentrale o Multicentrale
    - Continuo o Discontinuo
- o
- Assiale
  - Uniassiale o Multiassiale
    - Continuo o Discontinuo.

Chiunque conosca bene i fatti, può facilmente sollevare obiezioni a questo ordinamento. Egli può ricordare forme le quali manifestamente non vengono sotto nessuno di questi titoli. Può indicare piante le quali sono per un certo tempo multicentrali, ma poi si sviluppano assialmente. E dai tipi inferiori di animali egli molti ne può scegliere in cui il modo continuo e quello discontinuo sono ambedue manifestati. Ma, come si è già accennato, un ordinamento libero da tali anomalie dev'essere impossibile, se le varie specie di organizzazione sono sorte per Evoluzione. Quello sopra delineato è da considerarsi come un rozzo aggruppamento di fatti, che ci ajuta a concepirli nella loro totalità; e, così considerato, esso ci sarà utile quando veniamo a trattare della Individualità e della Riproduzione.

§ **51.** Da questi aspetti esterni più generali dello sviluppo organico, volgiamoci ora a' suoi aspetti interni e più speciali. Trattando della Evoluzione come un processo universale delle cose, fu dato un abbozzo a grandi linee del corso dei cambiamenti di struttura ne gli organismi (*Primi Principii*, §§ 110, 119, 132). Qui sarà opportuno descrivere questi cambiamenti in modo più completo.

La gemma di qualunque pianta fiorifera comune nella sua primissima fase consiste di una piccola proiezione emisferica o subconica. Mentre cresce più rapidamente all'apice, questa tosto sviluppa, da un lato della sua base, una projezione più piccola della stessa forma generale ch'essa à. Qui è il rudimento di una foglia, che tosto si estende più o meno

intorno alla base dell'emisfero centrale o asse principale. Allo stesso tempo che l'emisfero centrale si leva più in alto, questa prominenza laterale, altresì crescendo, dà origine a prominenze subordinate o lobi. Questi sono i rudimenti delle stipole, quando le foglie sono stipolate. Intanto, verso l'altra parte dell'asse principale e alquanto più in alto, un'altra prominenza laterale che sorge segna l'origine di una seconda foglia. Per il momento che la prima foglia à prodotto un altro pajo di lobi, e la seconda foglia à prodotto il suo pajo primario, l'emisfero centrale, crescendo ancora al suo apice, presenta il rudimento di una terza foglia. Similmente in ogni caso. Mentre il germe di ciascuna foglia successiva sorge in tal guisa, i germi delle foglie precedenti, nell'ordine della loro priorità, vanno mutando le loro rozze forme nodulate in espansioni piatte, che lentamente assumono quei contorni marcati ch'esse mostrano quando son dischiuse. Così da quella figura estremamente indefinita, una escrescenza arrotondata, che dà fuori di quando in quando escrescenze laterali, le quali, diventando singolarmente lobate in modo simmetrico, a grado a grado assumono forme specifiche e complicate, passiamo a poco a poco a quella cosa comparativamente complessa — un germoglio con foglie. Internamente, una gemma è soggetta a cambiamenti analoghi; come attesta questa descrizione: — «La massa generale delle cellule parenchimatose a pareti sottili che occupa la regione dell'apice, e forma il *punto di crescenza* del germoglio, è coperta da un singolo strato esterno di cellule simili, le quali crescono di numero per la formazione di nuove pareti in una direzione soltanto, perpendicolari alla superficie del germoglio, e così dànno origine soltanto alla epidermide o singolo strato di cellule che copre l'intera superficie del germoglio. Intanto la massa generale al di sotto cresce come un tutto, mentre le sue cellule costitutive si dividono in tutte le direzioni. Delle nuove cellule così formate, quelle rimosse dall'apice attuale in virtù di questi processi di accrescimento e di divisione, cominciano a una distanza più o meno grande da esso a mostrare segni della differenziazione che condurrà da ultimo alla formazione dei vari tessuti racchiusi dall'epidermide del germoglio. Prima il succo, poi i fasci vascolari, e poi la corteccia del germoglio, cominciano ad assumere i loro caratteri speciali ». Lo stesso dicasi delle strutture secondarie, come le gemme laterali donde derivano le foglie. Nella massa da principio non organizzata delle cellule che costituiscono la foglia rudimentale, si formano i fasci vascolari che da ultimo diventano le vene della foglia; e di pari passo con questi si formano gli

altri tessuti di essa. Una serie essenzialmente parallela di cambiamenti troviamo anche, quando seguiamo la storia delle cellule individuali. Mentre i tessuti ch'esse compongono si vanno separando, le cellule si van facendo a grado a grado più dissimili. Alcune diventano piatte, alcune poliedriche, alcune cilindriche, alcune prismatiche, alcune a forma di fuso. Queste sviluppano nel loro interno ingrossamenti spirali; e quelle, ingrossamenti reticolati. Qui un numero di cellule si unisce insieme per formare un tubo; e là esse diventano quasi solide in virtù della deposizione interna di sostanza legnosa o d'altro genere. Attraverso tali cambiamenti, troppo numerosi e complicati per essere qui esposti minutamente, le cellule originariamente uniformi continuano a divergere e a novamente divergere, finchè si producono varie forme che sembrano avere assai poco in comune.

Il braccio di un uomo fa la sua prima comparsa in un modo così semplice come il germoglio di una pianta. Secondo Bischoff, esso spunta fuori dal lato dell'embrione come una piccola projezione a forma di lingua, che non presenta alcuna differenza di parti; e potrebbe servire per il rudimento di qualcuno dei vari altri organi che altresì sorgono come gemme. Continuando ad allungarsi, esso tosto diventa alquanto allargato alla sua estremità; ed è descritto allora come un peduncolo che porta una piccola massa piatta, a orli rotondi. Questa massa rappresenta la mano futura e il peduncolo il braccio futuro. A poco a poco, a gli orli di questa massa piatta, appariscono quattro incavi, che dividono l'uno dall'altro i germogli delle dita future; e la mano come un tutto diventa un po' più distinguibile dal braccio. Fino a questo punto il peduncolo è rimasto un unico pezzo continuo, ma ora comincia a mostrare un ripiegamento al suo centro, il quale indica la divisione in braccio e avambraccio. Le distinzioni così rozzamente indicate a grado a grado aumentano: le dita si allungano e acquistano le giunture, e le proporzioni di tutte le parti, originariamente assai dissimili da quelle del membro completo, lentamente si approssimano ad esse. Durante la fase in cui appare in guisa di germoglio, il braccio rudimentale consiste soltanto di tessuti parzialmente differenziati. In virtù dei diversi cambiamenti a cui questi vanno a grado a grado soggetti, essi si trasformano in ossa, muscoli, vasi sanguigni e nervi. L'estrema morbidezza e delicatezza di questi tessuti primari rende difficile di seguire le fasi iniziali delle differenziazioni. In conseguenza del colore del loro contenuto, i vasi sanguigni sono le prime parti che diventano distinte. In seguito le parti cartilaginose, che sono le basi delle ossa future, diven-

tano separate in virtù della più densa aggregazione delle loro cellule costitutive, e in virtù della produzione tra queste di una sostanza jalina che le unisce in una massa traslucida. Quando son prima percettibili, i muscoli sono gelatinosi, pallidi, giallastri, trasparenti, e non distinguibili dai loro tendini. I vari altri tessuti, di cui consiste il braccio, cominciando con differenze assai debolmente marcate, diventano di giorno in giorno più definiti nelle loro apparenze qualitative. In simil maniera le unità, che compongono questi tessuti, separatamente assumono caratteri sempre più specifici. Le fibre del muscolo, da prima rese visibili nel mezzo della loro matrice gelatinosa soltanto mercè l'immersione nell'alcool, diventano più numerose e distinte; e a poco a poco cominciano a presentare strisce trasversali. Le cellule delle ossa assumono per gradi la loro curiosa struttura di canali ramificanti. E così nei loro modi rispettivi accade nelle unità della pelle e nelle altre.

Così in ciascuno dei sotto-regni organici, vediamo questo cambiamento da una omogeneità incoerente, indefinita, a una eterogeneità coerente, definita, illustrato in un quadruplice modo. Le unità originariamente simili dette cellule diventano dissimili in vari modi, e in modi più numerosi e spiccati a misura che procede lo sviluppo. I diversi tessuti, che queste diverse classi di cellule formano per aggregazione, diventano a poco a poco distinti l'uno dall'altro; e a poco a poco assumono quelle complessità di struttura che sorgono dalle differenziazioni tra le loro unità componenti. Nel germoglio, come nel membro, la forma esterna, originariamente assai semplice, e avente molto di comune con le forme semplici in generale, gradatamente acquista una complessità crescente, e una crescente dissomiglianza con le altre forme. Intanto, siccome le parti rimanenti dell'organismo, a cui appartiene il germoglio o il membro, ànno assunto separatamente strutture divergenti l'una dall'altra e da quella di questo germoglio o membro particolare, è sorta una maggiore eterogeneità nell'organismo come un tutto.

§ **52.** Viene poi in ordine una delle più notevoli induzioni della embriologia. E qui troviamo illustrata la verità generale che nella evoluzione mentale come nella evoluzione corporea il progresso è dall'indefinito e inesatto al definito ed esatto. Poichè la prima forma in cui fu espressa questa induzione non era che un accenno della forma corretta.

Come un risultato delle sue analisi, Von Baer affermava che nella sua primissima fase ogni organismo à il più gran numero di caratteri in comune con tutti gli altri organismi nelle loro primissime fasi; che in

una fase alquanto posteriore la sua struttura è simile alle strutture presentate in fasi corrispondenti da una moltitudine meno estesa di organismi; che in ciascuna fase susseguente si acquistano caratteri che successivamente distinguono l'embrione in via di sviluppo da gruppi di embrioni ai quali esso precedentemente rassomigliava, così a grado a grado diminuendo il gruppo di embrioni a cui esso ancora rassomiglia; e che così la classe di forme simili è finalmente ristretta alla specie di cui esso è un membro. Questa proposizione astratta forse non sarà pienamente compresa dal lettore comune. Sarà meglio riaffermarla in una forma concreta. Supponendo che i germi di tutte le specie di organismi si sviluppino simultaneamente, possiamo dire che tutti i membri della vasta moltitudine fanno il loro primo passo nella stessa direzione; che nel secondo passo una metà di questa vasta moltitudine diverge dall'altra metà, e quind'innanzi segue un corso differente di sviluppo; che l'immenso numero contenuto nell'una o l'altra di queste divisioni assai presto mostra di nuovo una tendenza a prendere due o più vie di sviluppo; che ciascuno dei due o più gruppi minori, che così risultano, mostra per un certo tempo soltanto piccole divergenze tra i suoi membri, ma tosto si divide di nuovo in gruppi che si separano sempre più ampiamente a misura che progrediscono; e così via finchè ciascun organismo, quando è quasi completo, è accompagnato nelle sue ulteriori modificazioni soltanto da organismi della medesima specie; e in fine, assume le particolarità che lo distinguono come un individuo, diverge cioè in una lieve misura da gli organismi a cui è più simile.

Ma, come sopra si è detto, questa affermazione è soltanto un accenno. L'ordine della Natura è abitualmente più complesso di quello che non lo rappresentino le nostre generalizzazioni, e rifiuta di essere pienamente espresso in formole semplici; e noi siamo costretti a limitarle con varie determinazioni. Così è qui. Dal tempo di Von Baer in poi, le accurate osservazioni di numerosi osservatori ànno dimostrato che la sua affermazione è soltanto approssimativamente vera. In seguito, discutendo le prove embriologiche dell'Evoluzione, si discuteranno le cause delle deviazioni. Per il momento è sufficiente riconoscere come indiscutibile il fatto che laddove i germi de gli organismi sono estremamente simili, essi a grado a grado divergono ampiamente, in modi ora regolari ora irregolari, finchè in luogo di una moltitudine di forme effettivamente simili abbiamo finalmente una moltitudine di forme le quali sono per la massima parte estremamente dissimili. Così, in conformità della legge di evoluzione, non soltanto le parti di ciascun organismo avanzano da

una omogeneità indefinita a una eterogeneità definita, ma il complesso di tutti gli organismi fa lo stesso: una verità già indicata nei *Primi Principii*.

§ **53.** Questo confronto tra il corso dello sviluppo in qualsiasi essere, e il corso dello sviluppo in tutti gli altri esseri — questo arrivo alla conclusione che il corso dello sviluppo in ciascuno, da prima il medesimo come in tutti gli altri, diventa a ogni fase posteriore differenziato dal corso dello sviluppo in tutti gli altri, ci conduce ad una conclusione analoga. Se consideriamo le fasi successive attraverso le quali passa qualunque organismo più elevato, e osserviamo la relazione tra esso e il suo ambiente in ciascuna di queste fasi, vedremo che questa relazione è modificata in un modo analogo a quello in cui la relazione tra l'organismo e il suo ambiente è modificata a misura che avanziamo dai gradi più bassi ai più alti. Insieme con la progressiva differenziazione di ciascun organismo da gli altri, troviamo una progressiva differenziazione di esso dal suo ambiente; come quella progressiva differenziazione dall'ambiente che incontriamo nelle forme ascendenti di vita. Diamo anzi tutto uno sguardo al modo in cui le forme ascendenti di vita presentano questa progressiva differenziazione dall'ambiente.

In primo luogo, essa è illustrata nella *struttura*. L'avanzamento dall'omogeneo all'eterogeneo implica esso stesso una distinzione crescente dal mondo inorganico. Lasciando da parte i Protozoi, di cui i più semplici probabilmente scomparvero durante le primissime fasi dell'evoluzione organica, e limitando il nostro confronto ai Metazoi, vediamo che i tipi bassi di questi, come i Celenterati, sono relativamente semplici nella loro organizzazione; e ascendendo verso organismi di sempre maggiore complessità di struttura, si ascende verso organismi i quali per quel rispetto offrono un più forte contrasto coll'ambiente privo di struttura. Nella *forma*, ancora, vediamo la stessa verità. Una caratteristica ordinaria della materia inorganica è la sua indeterminatezza di forma; e questa è altresì una caratteristica de gli organismi inferiori, quando siano confrontati con i più alti. Generalmente parlando, le piante sono meno definite de gli animali, tanto nella forma quanto nel volume — sono suscettibili di maggiori modificazioni derivanti da variazioni di posizione e di nutrizione. Fra gli animali, i più semplici Rizopodi si possono quasi chiamare amorfi: la forma non è mai specifica, e va costantemente mutando. De gli organismi che risultano dall'aggregazione di tali esseri, vediamo che mentre alcuni, come i Foraminiferi, assumono una certa determinatezza

di forma, nei loro gusci almeno, altri, come le Spugne, sono molto irregolari. Gli Zoofiti e i Polizoi sono organismi composti, la maggior parte dei quali à un modo di accrescimento non più determinato di quello delle piante. Ma tra gli animali più elevati, troviamo non soltanto che la forma matura di ciascuna specie è assai definita, ma che gl'individui di ciascuna specie differiscono poco nel volume. Un aumento parallelo di contrasto si vede nella *composizione chimica*. Con ben poche eccezioni, e queste soltanto parziali, le più infime forme animali e vegetali abitano l'acqua; e l'acqua è quasi il loro unico elemento costitutivo. I Protofiti e i Protozoi disseccati si attenuano fino a diventar mera polvere; e tra gli Acalefi non troviamo che pochi grani di materia solida in una libbra inglese d'acqua. Le più alte piante acquatiche, in comune con i più alti animali acquatici, possedendo un'accresciuta tenacità di sostanza, contengono altresì una maggiore proporzione de gli elementi organici; inoltre ci mostrano una maggiore varietà di composizione nelle loro differenti parti; e così in ambedue i modi sono chimicamente più dissimili dal loro mezzo. E quando passiamo alle classi superiori di organismi — piante di terra e animali di terra — vediamo che, chimicamente considerati, essi ànno poco di comune o con la terra su cui stanno o con l'aria che li circonda. Nella *gravità specifica* pure, noi possiamo notare una verità analoga. Le più semplici forme, in comune con le spore e le gemmule delle più elevate, sono quanto più è possibile della medesima gravità specifica dell'acqua in cui esse galleggiano; e benchè non si possa dire che tra gli esseri acquatici, la superiore gravità specifica sia un criterio di superiorità generale, pure possiamo giustamente dire che gli ordini più alti di essi, quando sono spogliati dei meccanismi per mezzo dei quali è regolata la loro gravità specifica, differiscono dall'acqua nei loro pesi relativi più de gli ordini più bassi. Ne gli organismi terrestri, il contrasto diventa spiccato. Gli alberi e le piante, in comune con gl'insetti, i rettili, i mammiferi, gli uccelli, sono tutti di una gravità specifica considerevolmente minore di quella della terra e immensamente più grande di quella dell'aria. Ancor più vediamo adempita la legge riguardo alla *temperatura*. Le piante generano solo quantità estremamente piccole di calore, che si possono scoprire soltanto per mezzo di esperimenti delicati; ed effettivamente si possono considerare come aventi la medesima temperatura del loro ambiente. La temperatura de gli animali acquatici è assai poco al di sopra di quella dell'acqua circostante: quella de gl'invertebrati è per lo più meno di un grado al di sopra di essa, e quella dei pesci non la supera per più di due o tre gradi; salvo nel caso di alcuni grossi pesci a

sangue rosso, come il tonno, che la superano nella temperatura di circa dieci gradi. Tra gl'insetti i limiti variano da due a dieci gradi al di sopra di quella dell'aria: l'eccesso variando secondo la loro attività. Il calore dei rettili è da quattro a quindici gradi più alto del calore del loro mezzo. Invece i mammiferi e gli uccelli conservano un calore che persiste quasi senza risentire l'influenza delle variazioni esterne, ed è spesso maggiore di quello dell'aria di settanta, ottanta, novanta e anche cento gradi. In fine, si può seguire una progressiva differenziazione nella maggiore *auto-mobilità*. La principale caratteristica per cui distinguiamo la materia morta è la sua inerzia: qualche forma di moto indipendente è la nostra prova più familiare della vita. Lasciando da parte i confini indefiniti tra i regni animale e vegetale, possiamo rozzamente classificare le piante come organismi i quali, mentre presentano quella specie di moto che è presupposta nell'accrescimento, non solo sono privi della facoltà locomotrice, ma con alcune eccezioni di niuna importanza sono privi della facoltà di muovere le loro parti l'una in relazione all'altra; e in tal guisa sono differenziati dal mondo inorganico meno de gli animali. Benchè in quei Protofiti e Protozoi microscopici che abitano l'acqua, vediamo la locomozione prodotta dall'azione ciliare; pure questa locomozione, mentre è rapida relativamente alle dimensioni del loro corpo, è assolutamente lenta. Dei Celenterati una gran parte o è permanentemente radicata al suolo o abitualmente stazionaria; e così non possiedono quasi altra auto-mobilità che quella presupposta nei movimenti relativi delle parti; mentre i rimanenti, di cui la medusa comune serve come un esempio, ànno per lo più ben poca attitudine a muoversi attraverso l'acqua. Tra i più alti Invertebrati acquatici, — seppie e gamberi, per esempio, — vi è una facoltà assai considerevole di locomozione; e i Vertebrati acquatici sono, considerati come una classe, molto più attivi nei loro movimenti che gli altri abitanti dell'acqua. Ma solo quando veniamo a gli esseri che respirano l'aria, troviamo la caratteristica vitale dell'auto-mobilità manifestata nel più alto grado. Gl'insetti volanti, i mammiferi, gli uccelli, viaggiano con velocità che eccedono di molto quelle raggiunte da una delle classi inferiori di animali. Così, considerando i vari gradi di organismi nel loro ordine ascendente, troviamo ch'essi si distinguono sempre più dai loro mezzi inanimati nella *struttura*, nella *forma*, nella *composizione chimica*, nella *gravità specifica*, nella *temperatura*, nell'*auto-mobilità*. È vero che questa generalizzazione non vale con completa regolarità. Organismi, che offrono per alcuni rispetti il più forte contrasto col mondo inorganico circostante, offrono per altri rispetti un contrasto minore de gli organismi

inferiori. Considerati come una classe, i mammiferi sono più alti de gli uccelli; e pure essi sono di temperatura più bassa e ànno minori facoltà di locomozione. L'ostrica stazionaria è di più alta organizzazione che la medusa nuotante liberamente; e il pesce a sangue freddo e meno eterogeneo è più rapido ne' suoi movimenti che il tardigrado a sangue caldo e più eterogeneo. Ma l'ammettere che i diversi aspetti, sotto cui si mostra questo crescente contrasto, stanno in rapporti variabili l'un coll'altro, non è in conflitto con la verità generale che ascendendo nella gerarchia de gli organismi, incontriamo non solo una crescente differenziazione di parti, ma altresì una crescente differenziazione dal mezzo circostante in parecchi altri attributi fisici. Sembrerebbe che questo carattere abbia qualche connessione necessaria con manifestazioni vitali superiori. Una di quelle basse forme gelatinose, così trasparente e scolorita da essere con difficoltà distinta dall'acqua in cui galleggia, non è più simile al suo mezzo nelle proprietà chimiche, meccaniche, ottiche, termiche, ed altre proprietà, che non sia nella passività con cui essa si sottomette a tutte le influenze e azioni che vengono ad agire su di essa; mentre il mammifero non differisce più ampiamente dalle cose inanimate in queste proprietà, che nell'attività con cui esso risponde ai cambiamenti circostanti per mezzo di cambiamenti reciproci in sè stesso. E tra tali estremi, queste due specie di contrasto variano insieme. Così che quanto più un organismo è fisicamente simile al suo ambiente, tanto più esso rimane un partecipe passivo dei cambiamenti che avvengono in questo; mentre quanto più esso è provvisto di facoltà atte a reagire a tali cambiamenti, esso presenta una maggiore dissomiglianza dal suo ambiente (1).

Se ora, da questo stesso punto di vista, consideriamo la relazione in cui qualsiasi organismo superiore nelle sue fasi successive sta col suo ambiente, troviamo una serie analoga di contrasti. Naturalmente rispetto ai gradi di *struttura* il parallelismo è completo. La differenza, da prima piccola, tra il germe di poca struttura e il mondo inorganico di poca struttura, necessariamente diventa più grande a passo a passo, a misura che le differenziazioni del germe diventano più numerose e definite. Come lo stesso valga per la *forma* è egualmente manifesto. La sfera, che è il punto di partenza comune a tutti gli organismi, è la più generalizzata delle figure; ed una figura che, sotto varie circostanze, è assunta dalla materia inorganica. Ma a misura che si sviluppa, essa perde ogni rasso-

(1) Questo paragrafo originariamente formava parte di un articolo di rivista sulla « Fisiologia trascendentale », pubblicato nel 1857.

miglianza con gli oggetti inorganici nell'ambiente; e da ultimo diventa distinta anche da quasi tutti gli oggetti organici che vi si trovano. Nella *gravità specifica* l'alterazione, benchè non molto spiccata, è ancora nella medesima direzione. Siccome lo sviluppo è abitualmente accompagnato da una relativa diminuzione nella quantità d'acqua e un aumento nella quantità di elementi costitutivi che sono più pesanti dell'acqua, ne risulta un piccolo accrescimento di peso relativo. Nella facoltà di mantenere una *temperatura* al di sopra di quella delle cose circostanti, la differenziazione dall'ambiente che accompagna lo sviluppo è spiccata. Tutte le uova dipendono assolutamente per il loro calore da sorgenti esterne. Il giovane mammifero, durante la sua vita uterina, dipende dal calore materno; e alla nascita non à che un potere parziale di riparare alla perdita mediante la irradiazione. Ma a misura che avanza nello sviluppo, esso acquista la capacità di mantenere una temperatura costante al di sopra delle cose circostanti: così diventando spiccatamente dissimile da esse. Da ultimo, nell'*auto-mobilità* questo contrasto crescente non è meno deciso. Salvo in poche tribù aberranti, sopra tutto parassitiche, troviamo generalmente il fatto che il potere locomotore, totalmente assente o assai piccolo all'inizio, aumenta col progredire verso la maturità. Quanto più altamente sviluppato è l'organismo, tanto più forte diventa il contrasto tra la sua attività e l'inerzia de gli oggetti in mezzo ai quali esso si muove.

Così possiamo dire che lo sviluppo di un organismo individuale è allo stesso tempo una differenziazione delle sue parti tra loro, e una differenziazione del tutto consolidato dall'ambiente; e che nell'ultimo come nel primo rispetto, vi à un'analogia generale tra il progresso di un organismo individuale e il progresso da gli ordini più bassi di organismi ai più elevati. Si può notare che qualche affinità sembra esistere tra queste generalizzazioni e la dottrina di Schelling, che la Vita è la tendenza verso l'individuazione. Infatti evidentemente, nel diventare più distinti l'uno dall'altro e dal loro ambiente, gli organismi acquistano individualità più spiccate. Per quanto io posso comprendere dalle linee generali della sua filosofia, tuttavia, Schelling accettava questo concetto in un senso generale e trascendentale, piuttosto che in un senso speciale e scientifico.

§ **54.** Le interpretazioni deduttive di questi fatti generali dello sviluppo, in quanto esse sono possibili, devono essere posposte finchè arriviamo alla quarta e quinta parte di quest'opera. Vi sono, tuttavia, uno

o due aspetti generali di queste induzioni che possono essere qui opportunamente trattati in forma deduttiva.

Ammesso che ciascun organismo sia all'inizio relativamente omogeneo e che quando è completo sia relativamente eterogeneo, ne segue necessariamente che lo sviluppo è un cambiamento dall'omogeneo all'eterogeneo — un cambiamento durante il quale si devono attraversare tutte le gradazioni di eterogeneità che giacciono tra questi estremi. Se, ancora, v'è da principio indeterminatezza e da ultimo determinatezza, la transizione non può non essere dall'una all'altra di queste attraverso tutti i gradi intermedi di determinatezza. Inoltre, se le parti, originariamente incoerenti o non combinate, da ultimo diventano relativamente coerenti o combinate, vi dev'essere un aumento continuo di coerenza o combinazione. Quindi la verità generale che lo sviluppo è un cambiamento da una omogeneità incoerente, indefinita, a una eterogeneità coerente, definita, diventa una verità per sè stessa evidente quando l'osservazione ci à mostrato lo stato in cui gli organismi cominciano e lo stato in cui terminano.

Precisamente nello stesso modo che l'accrescimento di un intero organismo procede mediante la sottrazione dall'ambiente di sostanze simili a quelle che compongono l'organismo; così la produzione di ciascun organo entro l'organismo avviene sottraendo dalle sostanze contenute nell'organismo quelle richieste da quest'organo particolare. Ciascun organo a spese dell'organismo come un tutto integra con sè stesso certe specie e proporzioni delle materie che circolano intorno ad esso; nello stesso modo che l'organismo come un tutto integra con sè stesso certe specie di materie in date proporzioni a spese dell'ambiente nel suo complesso. Così che gli organi sono qualitativamente differenziati l'uno dall'altro in modo analogo a quello per cui l'intero organismo è qualitativamente differenziato dalle cose intorno ad esso. Evidentemente questa assimilazione elettiva illustra la verità generale, esposta e illustrata nei *Primi Principii*, che le unità simili tendono a segregarsi. Essa illustra, inoltre, l'ulteriore aspetto di questa verità generale, che la preesistenza di una massa di certe unità produce una tendenza per le unità diffuse dello stesso genere ad aggregarsi con questa massa piuttosto che altrove. Di sali particolari, *A* e *B*, coesistenti in una soluzione non sufficientemente concentrata per cristallizzare, si è dimostrato che se un cristallo del sale *A* sia messo nella soluzione, esso aumenterà unendo con sè gli atomi disciolti del sale *A*; e che similmente, benchè altrimenti non abbia luogo alcuna deposizione del sale *B*, tuttavia se un cristallo del sale *B* sia posto nella

soluzione, esso eserciterà una forza coattiva su gli atomi diffusi di questo sale, e crescerà a loro spese. Probabilmente molta assimilazione organica avviene nello stesso modo. Certe parti dell'organismo sono composte di unità speciali, o ànno la funzione di secernere unità speciali, che sono sempre presenti in esse in grandi quantità. I fluidi che circolano attraverso il corpo contengono unità speciali di questo stesso ordine. E queste unità diffuse sono continuamente depositate insieme con i gruppi di unità simili che già esistono. Come puramente fisiche siano le cause di questa assimilazione elettiva, è in vero dimostrato dal fatto che gli elementi costitutivi anormali del sangue sono segregati nello stesso modo. I depositi calcarei della gotta, che cominciano in certi punti, si raccolgono sempre più intorno a questi punti. E similmente accade in molte malattie pustolari. Dove le unità componenti di un organo, o alcune di esse, non esistono come tali nei fluidi circolanti, ma sono formate di elementi o composti che esistono separatamente in essi, il processo di assimilazione differenziale dev'essere di un genere più complesso. Pur tuttavia non sembra impossibile ch'esso avvenga in un modo analogo. Se c'è un aggregato di atomi composti, ciascuno dei quali contiene gli elementi costitutivi A, B, C; e se intorno a questo aggregato gli elementi A e B e C sono diffusi in stato isolato; si può sospettare che la forza coattiva di questi atomi composti aggregati A, B, C, può non solo portare in unione con essi gli atomi composti adiacenti A, B, C, ma può far sì che gli elementi adiacenti A e B e C si uniscano in tali atomi composti, e poi si aggreghino con la massa.

CAPITOLO II *A*.

Struttura (1).

§ **54** *a*. Come, nel corso dell'evoluzione, ci eleviamo dai più piccoli ai più grossi aggregati per un processo d'integrazione, così ci eleviamo per un processo di differenziazione dai più semplici aggregati ai più complessi. I tipi iniziali di vita sono a un tempo estremamente piccoli e quasi del tutto privi di struttura. Lasciando da parte quelli che riempiono l'aria, l'acqua e il suolo, e di cui alcuni sono ora conosciuti come causa di malattia, possiamo cominciare con quelli ordinariamente chiamati Protozoi e Protofiti: i più infimi dei quali tuttavia o sono a un tempo piante e animali, o sono ora l'una cosa e ora l'altra.

Che le prime cose viventi furono particelle minute di semplice protoplasma, è implicitamente affermato dalla teoria generale dell'evoluzione; ma noi non abbiamo alcuna prova che tali particelle esistano ora. Anche ammettendo che vi siano protoplasti (adoperando questa parola come se includesse tipi vegetali e animali) i quali non ànno nuclei, pure essi non sono omogenei — essi sono granulari. Se un nucleo sia sempre presente, è una questione ancora non decisa; ma in ogni caso i tipi in cui esso manca sono estremamente eccezionali. Così i caratteri più generali di struttura dei protoplasti sono — il possesso di una parte interna, morfologicamente centrale benchè spesso non situata centralmente, una

(1) Quando, nel 1863, fu scritto il capitolo precedente, non avevo pensato che occorresse un altro capitolo riguardante la Struttura. Ora io riempio la lacuna lasciata da quella svista. Nel far ciò ò incluso certe affermazioni che sono tacitamente presupposte nell'ultimo capitolo, e ve ne possono essere anche alcune che precorrono le affermazioni contenute nel capitolo successivo. Io non ò creduto necessario di alterare i capitoli vicini in modo da rimuovere questi lievi difetti: le idee duplicate sono tali che ben si può insistere su di esse.

massa generale di protoplasma che la circonda, e una porzione differenziata esterna in contatto coll'ambiente. Questi elementi essenziali sono separatamente soggetti a varie complicazioni.

In alcuni tipi semplici lo strato esterno o sostanza corticale si può appena dire che esista come elemento separato. L'ectoplasma, distinto dall'endoplasma per l'assenza o la pochezza dei granelli, muta continuamente posto con esso col mandar fuori pseudopodi che sono tosto ritirati indietro nella massa generale: l'interno e l'esterno, non avendo una posizione stabile, non sono permanentemente differenziati. Poi abbiamo tipi, esemplificati dalla *Lithamoeba*, costituiti di protoplasma ricoperto da una pellicola distinta, che in parecchi gruppi diventa un guscio esterno di varia struttura: ora gelatinoso, ora di cellulosio, ora siliceo o calcareo. Mentre qui questo involucro à una singola apertura, là esso è perforato in ogni punto — un guscio finestrato. In alcuni casi uno strato esterno è formato di particelle di sabbia agglutinate; in altri di lamine sovrapposte, come nelle Coccosfere; e in molti altri punte raggianti vengono fuori da tutte le parti. In parecchie classi l'esoplasma sviluppa ciglia, ondulando le quali gli esseri sono sospinti attraverso l'acqua — ciglia che possono essere generali o locali. E poi questo strato corticale, invece di essere sferico o sferoidale, può diventare piano e a spirale, ciclico, a forma di pastorale, e spesso diviso in molti spazi vuoti; donde vi è una transizione alle colonie.

Intanto il protoplasma racchiuso, da prima poco più che una formazione reticolata o a guisa di schiuma, contenente granelli e resa irregolare da gli oggetti attratti dentro come nutrimento, diventa variamente complicato. In alcuni tipi bassi la sua continuità è interrotta da spazi immobili, vuoti, ma in tipi più alti vi sono piccoli vacui contrattili lentamente pulsanti, e, come possiamo supporre, moventi il liquido contenuto qua e là; mentre vi sono tipi aventi molti piccoli vacui passivi con alcuni pochi attivi. In alcune varietà le parti protese o pseudopodi, in cui il protoplasma si forma continuamente, sono relativamente brevi e a forma di bastone; in altre esse sono filamenti lunghi e fini che costituiscono l'anastomosi, così formando una rete che a finire qua e là in piccoli allargamenti di protoplasma. Poi vi sono specie in cui il protoplasma scorre su e giù lungo le punte protese: qualche volta al di dentro di esse, qualche volta al di fuori. Sempre, pure, è incluso nel protoplasma un piccolo corpo conosciuto col nome di centrosoma.

Da ultimo, abbiamo l'elemento più interno, considerato l'elemento essenziale — il nucleo. Secondo il Prof. Lankester, esso manca nel-

l'*Archerina*, e vi sono tipi in cui esso è reso visibile soltanto coll'ajuto di reagenti speciali. Ordinariamente è separato dal protoplasma circostante mercè una membrana delicata, appunto come il protoplasma stesso è separato mercè l'ectoplasma dall'ambiente. Assai comunemente vi è un singolo nucleo, ma talora ve ne sono molti, e qualche volta ve n'è uno principale con alcuni minori. Di più, entro il nucleo stesso sono stati scoperti ne gli ultimi anni notevoli elementi di struttura che sono soggetti a cambiamenti complicati.

Queste brevi affermazioni indicano soltanto i caratteri più generali di una immensa varietà di strutture — una varietà così immensa che il Prof. Lankester, nel distinguere le classi, le sotto-classi, gli ordini, e i generi nel modo più breve, occupa 37 pagine in quarto di stampa piccola. E per dare una descrizione corrispondente dei Protofiti si richiederebbe probabilmente uno spazio press'a poco eguale. Talchè queste cose viventi, così minute che la vista semplice non riesce a scoprirle, costituiscono un mondo che offre innumerevoli varietà di struttura, a conoscer pienamente le quali è necessaria tutta una vita dedicata ad esse.

§ **54** *b*. Se le forme più alte di vita sono sorte dalle forme inferiori per evoluzione, la conseguenza è che devono essere esistite una volta, se non esistono ancora, forme di transizione; e segue il commento che queste forme esistono ancora *effettivamente*. Tanto nel mondo vegetale quanto nel mondo animale vi sono tipi in cui noi vediamo poco più che semplici aggregati di Protofiti o di Protozoi — tipi in cui le unità, benchè coerenti, non sono differenziate ma costituiscono una massa uniforme. Trattando della struttura qui non abbiamo da fare con questi tipi privi di struttura, ma possiamo passare a quegli aggregati di protoplasti che ci mostrano parti differenziate — ai Metafiti e ai Metazoi: economizzando lo spazio col limitare la nostra attenzione principalmente a gli ultimi.

Quando, mezzo secolo fa, si cominciò a dar credito all'asserzione che tutte le specie di organismi, vegetali e animali, che il nostro occhio nudo scopre, sono singolarmente composti di miriadi di unità viventi, alcune di esse parzialmente, se non completamente, indipendenti, e che in tal guisa un uomo è una vasta nazione di individui minuti di cui alcuni sono relativamente passivi ed altri relativamente attivi, all'asserzione si rispondeva qua con incredulità e là con un brivido di terrore. Ma ciò che allora si credeva un'affermazione assurda è venuta ad essere ora una verità accettata.

Insieme con lo stabilirsi graduale di questa verità vi è stata una gra-

duale modificazione nella forma sotto cui essa fu originariamente affermata. Se qualche abitante di un'altra sfera descrivesse una delle nostre città come esclusivamente composta di case, senza dir nulla de gli esseri contenuti che le avevano fabbricate e vivevano in esse, noi diremmo ch'egli commise un profondo errore nel riconoscere soltanto gli elementi inanimati della città e nel trascurare quelli animati. I primi istologi facevano un errore analogo. Si credeva che le piante e gli animali consistessero di membri minuti, ciascuno dei quali appariva essere semplicemente una parete racchiudente una cavità — una cellula. Ma le indagini ulteriori provarono che il contenuto della cellula, tosto distinto come protoplasma, è la sua parte vivente essenziale, e che la parete della cellula, quando è presente è prodotta da esso. Così l'unità di composizione è un protoplasto, per solito racchiuso, col nucleo ch'esso contiene e il centrosoma.

§ **54** *c*. Come si è sopra implicitamente affermato, le individualità delle unità non sono interamente perdute nella individualità dell'aggregato, ma continuano, alcune di esse, ad essere manifestate in vari gradi; la grande maggioranza di esse perde sempre più la propria individualità a misura che il tipo dell'aggregato diventa più alto.

In un Metazoo minimamente organizzato come la spugna, la subordinazione non è che piccola. Soltanto quei membri dell'aggregato piatti e uniti insieme, che formano lo strato esterno, e quelli che si trasformano in punte allungate, ànno interamente perduto le loro attività originarie. De gli altri quasi tutti, rivestendo i canali che attraversano la massa, e spingendo innanzi l'acqua di mare contenutavi mediante i moti delle loro appendici a forma di frusta, conservano sostanzialmente la propria vita separata; e oltre a questi esistono nella sostanza gelatinosa che giace fra gli strati interni ed esterni, la quale è considerata come omologa a un mesoderma, protoplasti a forma di ameba che si muovono qua e là da luogo a luogo.

Le relazioni tra l'aggregato e le unità, che sono in questo caso permanenti, sono in altri casi temporanee: caratterizzando le prime fasi dello sviluppo embrionale. Per esempio, i disegni delle larve di Echinoderma in una fase primitiva ci mostrano l'indipendenza potenziale di tutte le cellule che formano la blastosfera; poichè nel corso dell'ulteriore sviluppo alcune di queste riassumono il primitivo stato ameboidale, migrano attraverso lo spazio interno, e tosto si uniscono per formare certe parti

delle strutture crescenti. Ma col progresso dell'organizzazione questo genere d'indipendenza diminuisce.

Fatti opposti si presentano dopo che si è completato lo sviluppo; poichè col principio della riproduzione noi ovunque vediamo che le unità o alcune di esse più o meno riassumono la vita individuale. È un carattere dei tipi di transizione tra i Protozoi e i Metazoi ch'essi conducono una vita aggregata come un plasmodio, e che poi questo si rompe dividendosi ne' suoi membri, i quali per un certo tempo menano una vita individuale come agenti generatori; e parecchie specie basse di piante, che possiedono piccoli gradi di struttura, ànno elementi generatori — zoospore e spermatozoi — che ci mostrano un ritorno alla vita isolata. Nè, in vero, ciò vien mostrato soltanto nelle piante più infime; poichè si è recentemente trovato che in alcune delle piante più elevate — anche nelle Fanegorame — gli spermatozoi sono prodotti. Ciò è, le unità riassumono una vita attiva in punti dove manca l'influenza regolatrice dell'aggregato; poichè, come vedremo in seguito, i punti in cui comincia la generazione corrispondono a questo carattere.

Queste differenti specie di prove unitamente implicano che la vita individuale delle unità è tanto più subordinata alla vita generale quanto più questa è elevata. Dove l'organismo è di tipo molto inferiore la vita di ciascuna unità rimane permanentemente notevole. In alcuni tipi superiori la vita delle unità si manifesta durante le fasi embrionali, in cui l'azione coordinatrice dell'aggregato non è che incipiente. Con l'avanzamento dello sviluppo la vita delle unità diminuisce; ma pure, nelle piante, ricomincia dove il processo disintegratore, che inizia la generazione, mostra che il potere coattivo dell'organizzazione è divenuto piccolo.

Anche nei tipi più alti, tuttavia, e anche quando essi sono pienamente sviluppati, la vita delle unità non scomparisce interamente: ciò è chiaramente mostrato in noi stessi. Io non alludo semplicemente al fatto che, come accade in tutto il regno animale in genere e in una parte considerevole del regno vegetale, gli elementi generatori maschi sono unità le quali ànno ripreso la primitiva vita indipendente, ma alludo ad un fatto molto più generale. In quella parte dell'organismo che, essendo fondamentalmente un mezzo acqueo, è per ciò simile al mezzo acqueo in cui procede la vita ordinaria dei protozoi, troviamo una vita essenzialmente analoga a quella del protozoo. Alludo evidentemente al sangue. Se la tendenza dei corpuscoli rossi (che sono originariamente sviluppati da cellule ameboidali) ad aggregarsi in rotoli sia da prendere come indice di vita in essi, si può lasciare una questione aperta. È sufficiente che i

corpuscoli bianchi o leucociti, conservando il primitivo carattere ameboidale, presentino attività individuali; mandino fuori prolungamenti simili a pseudopodi, introducano dentro particelle organiche come cibo, e abbiano una locomozione indipendente. Benchè assai meno numerosi dei corpuscoli rossi, pure siccome diecimila son contenuti in un millimetro cubo di sangue — una massa minore della testa di una spilla — ne risulta che il corpo umano è penetrato in ogni punto de' suoi vasi sanguigni da bilioni di queste unità viventi separatamente. Nella linfa, che altresì adempie la condizione della liquidità, si trovano queste pure, unità ameboidi. Poi abbiamo la curiosa fase di transizione in cui unità parzialmente inserite e parzialmente libere manifestano una vita indipendente parziale. Queste sono le cellule ciliate dell'epitelio, che rivestono i passaggi dell'aria e coprono parecchie delle membrane mucose aventi connessioni più remote coll'ambiente, e che coprono altresì le membrane interne di certi canali principali e spazi vuoti nel sistema nervoso. Le parti interne di queste si uniscono con le loro vicine per formare un epitelio, e le parti esterne di esse, immerse o nel liquido o nel semiliquido (muco), portano ciglia che sono in moto costante e « producono una corrente di fluido sopra la superficie ch'esse coprono »: in tal guisa simulando nelle loro posizioni e azioni le cellule che rivestono i passaggi ramificantisi attraverso una spugna. La vita parzialmente indipendente di queste unità si vede inoltre nel fatto che, dopo essersi distaccate, esse nuotano qua e là nell'acqua per un certo tempo con l'aiuto delle loro ciglia.

§ **54** *d*. Ma nei Metazoi e nei Metafiti in generale le unità associate sono, con le eccezioni or ora indicate, in una subordinazione completa. La vita delle unità è perduta fino a tal punto nella vita aggregata che non rimane nè la locomozione nè il moto relativo delle parti; e nè nella forma nè nella composizione àvvi rassomiglianza con i Protozoi. Benchè in molti casi il protoplasma interno continui a eseguire i processi vitali che servono ai bisogni dell'aggregato, in altri i processi vitali di una specie indipendente sembrano cessare.

Si supporrà naturalmente che dopo aver riconosciuto questo carattere fondamentale comune a tutti i tipi di organismi al di sopra dei Protozoi e dei Protofiti, il passo successivo in una spiegazione della struttura dev'essere una descrizione dei loro organi, variamente formati e combinati — se non nei particolari, pure nei loro caratteri generali. Questo, tuttavia, è un errore. Vi sono certe verità concernenti la struttura, che si elevano per la loro generalità al di sopra di qualsiasi verità che può

essere affermata de gli organi. Vedremo ciò se confrontiamo gli organi l'uno con l'altro.

Ecco un dito fatto rigido dalle sue piccole ossa e pure reso flessibile dalle giunture che le uniscono. Vi è un femore che aiuta il suo compagno a sostenere il peso del corpo; e v'è ancora una costola la quale, insieme con altre, forma una cassa protettrice per alcuni dei visceri. Sezionando un corpo si scopre una serie di muscoli che servono a raddrizzare e a piegare le dita, certi altri muscoli che muovono le gambe, e alcuni muscoli poco appariscenti che, contraendosi ogni due o tre secondi, leggermente sollevano le costole e aiutano a gonfiare i polmoni. Ciò è a dire, dita, gambe e petto possiedono certe strutture in comune. Vi à in ciascun caso una sostanza densa capace di resistere alla pressione e una sostanza contrattile capace di muovere la sostanza densa, a cui essa è attaccata. Per ciò, dunque, abbiamo anzi tutto da dare una descrizione di questi ed altri elementi principali, i quali, variamente congiunti insieme, formano i differenti organi: abbiamo da osservare i caratteri generali dei *tessuti*.

Riportandoci indietro al tempo quando l'organismo comincia con una singola cellula, poi diventa un gruppo sferico di cellule, e poi presenta differenze nei modi di aggregazione di queste cellule, il primo sorgere manifesto di una struttura (limitandoci a gli animali) è la formazione di tre strati. Di questi il primo è, all'inizio e sempre, lo strato superficiale in contatto diretto coll'ambiente. Il secondo, essendo originariamente una parte del primo, è altresì nei tipi primitivi in contatto coll'ambiente, ma, essendo tosto rovesciato in dentro, forma il rudimento della cavità del cibo; o, altrimenti sorgendo nei tipi più alti, è in contatto col tuorlo o cibo provveduto dal genitore. E il terzo tosto formato tra questi due, consiste all'inizio di cellule derivate da essi inserite in una sostanza intercellulare di consistenza gelatinosa. Di qui traggono origine i grandi gruppi classificati con i nomi di tessuto epiteliare, tessuto connettivo (che include il tessuto osseo), tessuto muscolare, tessuto nervoso. Questi singolarmente contengono alcune sotto-specie, ciascuna delle quali è un complesso di cellule differenziate. Essendo breve, e per ciò adatta a gli scopi presenti, la sotto-classificazione data dal Prof. R. Hertwig può qui esser citata:

« Il carattere fisiologico de gli epitelii è dato nel fatto ch'essi coprono le superficie del corpo, il loro carattere morfologico in ciò ch'essi consistono di cellule strettamente compresse, unite soltanto mercè una sostanza che serve da cemento.

« Secondo il loro ulteriore carattere funzionale gli epitelii si dividono in epitelii glandolari (glandole unicellulari e multicellulari), sensitivi, germinativi, ed epitelii piani.

« Secondo la struttura si distinguono epitelii a uno strato (epitelii cubici, cilindrici, piani) e a molti strati, epitelii ciliati e flagellati, epitelii con o senza cuticola.

« Il carattere fisiologico dei tessuti connettivi riposa sopra il fatto ch'essi riempiono gli spazi fra altri tessuti nell'interno del corpo.

« Il carattere morfologico dipende dalla presenza della sostanza intercellulare.

« Secondo la quantità e la struttura della sostanza intercellulare le sostanze connettive si dividono in (1) cellulari (con poca sostanza intercellulare); (2) omogenee; (3) tessuto connettivo fibroso; (4) cartilagine; (5) osso.

« Il carattere fisiologico del tessuto muscolare è contenuto nell'accresciuta capacità di contrazione.

« Il carattere morfologico si trova nel fatto che le cellule ànno prodotto per secrezione sostanza muscolare.

« Secondo la natura della sostanza del muscolo si distinguono fibre muscolari liscie e striate trasversalmente.

« Secondo il carattere e la derivazione delle cellule (i corpuscoli del muscolo) la muscolatura si divide in cellule muscolari dell'epitelio (cellule muscolari epiteliali, fasci primari) e cellule muscolari del tessuto connettivo (cellule fibrose contrattili).

« Il carattere fisiologico del tessuto nervoso riposa sulla trasmissione de gli stimoli sensorii e de gl'impulsi volontari, e sulla coordinazione di questi nella attività psichica unificata.

« La conduzione à luogo per mezzo delle fibre nervose (fibrille senza midolla e con midolla e fasci di fibrille); la coordinazione de gli stimoli per mezzo delle cellule dei gangli (cellule ganglari bipolari, multipolari) » (*Principii generali di Zoologia*, pp. 117-18).

Ma ora riguardo alle cellule con le quali, variamente modificate, oscurate, e qualche volta obliterate, si formano i tessuti, abbiamo da notare un fatto di molta importanza. Insieme con la dottrina cellulare com'era da principio accettata, quando l'attenzione era diretta alla cellula stessa piuttosto che al suo contenuto, andava unita l'opinione che ciascuna di queste unità morfologiche sia separata nella struttura dalle sue vicine. Ma da che fu stabilito il moderno punto di vista che l'elemento essenziale sia il protoplasma contenuto, gl'istologi ànno

scoperto che vi sono connessioni protoplasmatiche tra i contenuti delle cellule adiacenti. Benchè ciò fosse stato fuggevolmente osservato in epoche anteriori, soltanto circa venti anni or sono si dimostrò chiaramente che nei tessuti delle piante questi contenuti passano attraverso aperture nelle pareti delle cellule. Si dice che in alcuni casi le aperture siano formate, e le giunture stabilite, in virtù di un processo secondario; ma si suppone che ordinariamente questi tratti di unione viventi siano lasciati tra i protoplasti moltiplicantisi; così che fin dall'inizio il protoplasma che pervade l'intera pianta mantiene la sua continuità. Più recentemente parecchi zoologi ànno affermato che una simile continuità esiste ne gli animali. Specialmente ciò è stato sostenuto dal sig. Adam Sedgwick. Numerose osservazioni fatte sulle uova in via di sviluppo dei pesci lo ànno condotto ad affermare che le così dette cellule moltiplicantisí — i blastomeri e la loro progenie — diventano interamente separate. La loro scissione è in tutti i casi incompleta. Una simile continuità si è trovata ne gli embrioni di molti Artropodi, e più recentemente nelle uova e nelle blastule soggette a segmentazione de gli Echinodermi. Il sig. Sedgwick ritiene che il sincizio in tal guisa formato sia mantenuto nella vita adulta, e in questa opinione egli è in accordo con parecchi altri. Tratti congiungenti il protoplasma sono stati visti tra le cellule dell'epitelio, e si ritiene che le cellule delle cartilagini, le cellule del tessuto connettivo, le cellule formanti le fibre muscolari, come pure le cellule dei nervi, abbiano unioni protoplasmatiche. Anzi, alcuni affermano anche che un uovo conservi una connessione protoplasmica con la matrice in cui esso si sviluppa.

Qui si può trarre un corollario di grande importanza. S'è osservato che entro una cellula vegetale i fasci filamentosi di protoplasma distesi in questa o quella direzione contengono granelli moventisi, i quali mostrano che i fasci trasportano correnti. Si è altresì osservato che quando la scissione di un protozoo è quasi completa, così che le sue due metà rimangono connesse soltanto mediante un filo, correnti di protoplasma si muovono attraverso questo filo, ora in un verso ora nell'altro. La conclusione da trarsi giustamente è che tali correnti passano altresì attraverso i fasci che uniscono i protoplasti formanti un tessuto. Che cosa deve accadere? Finchè le cellule adiacenti con i loro contenuti sono soggette ad eguali pressioni, non esiste alcuna tendenza alla ridistribuzione del protoplasma, e allora può aver luogo l'azione che qualche volta si osserva nell'interno dei fasci entro una cellula:

correnti con i granelli in esse contenuti, che si muovono in direzioni opposte. Ma se le cellule formanti una porzione del tessuto sono soggette a una pressione maggiore che le cellule all'intorno, il protoplasma in esse contenuto dev'essere spinto attraverso i fili connettenti in queste cellule circostanti. Ogni cambiamento di pressione in ogni punto deve cagionare movimenti e contro-movimenti di questo genere. Ora nei Metazoi in generale; o al meno in tutti quelli che presentano moti relativi delle parti, e specialmente in tutti quelli che sono capaci di rapida locomozione, tali cambiamenti di pressione ànno luogo ovunque e sempre. La contrazione di un muscolo, oltre a comprimere gli elementi che lo compongono, comprime i tessuti vicini; e ad ogni istante contrazioni e rilassamenti dei muscoli procedono in tutte le membra e il corpo durante un esercizio attivo. Inoltre, ciascuna attitudine — lo stare in piedi, il sedere, il giacere, il voltarsi — porta con sè una serie differente di pressioni, tanto delle parti tra loro quanto sul suolo; e quegli arresti parziali di moto, che risultano dal porre giù i piedi alternativamente quando si corre, mandano attraverso il corpo scosse e onde di pressione variabile. Le azioni vitali, pure, ànno analoghi effetti. Una inspirazione altera la pressione su i tessuti in tutta una parte considerevole del tronco, e un battito del cuore spinge, fino alle più piccole arterie, onde le quali premono lievemente su i tessuti in generale. Nelle cellule componenti, in tal guisa soggette a perturbamenti meccanici, piccoli e grandi, perpetui e occasionali, il protoplasma è continuamente spinto entro di esse e spinto fuori di esse. Vi sono correnti che entrano ed escono, le quali, se non costituiscono una circolazione propriamente così detta, implicano al meno una ridistribuzione incessante. E l'implicita conseguenza è che nel corso dei giorni, delle settimane, dei mesi, de gli anni, ciascuna porzione di protoplasma visita ogni parte del corpo.

Senza qui esporre specificamente i risultati di queste conclusioni rispetto all'importanza che ànno per i problemi dell'eredità, sarà manifesto che certe difficoltà ch'essi presentano sono in un grado considerevole diminuite.

§ **54** *e*. Ritornando da questa discussione, fatta come tra parentesi, all'argomento della struttura, abbiamo da osservare che oltre ai fatti presentati dai tessuti e quelli presentati da gli organi, vi sono certi fatti, meno generali de gli uni e più generali de gli altri, che devono ora esser notati. Nell'ordine della generalità decrescente una descri-

zione de gli organi dovrebbe esser preceduta da una descrizione dei sistemi di organi. Alcuni di questi, come il sistema muscolare e il sistema osseo, sono tanto estesi quanto i tessuti, ma altri non lo sono. Il sistema nervoso, per esempio, contiene più di una specie di tessuto ed è costituito di molte strutture differenti: oltre ai nervi affarenti ed efferenti vi sono i gangli che immediatamente governano i visceri, e v'è la massa spinale e la cerebrale, la quale ultíma è divisibile in numerose parti dissimili. Poi abbiamo il sistema vascolare formato del cuore, delle arterie, delle vene e dei capillari. Devesi anche ricordare il sistema linfatico con le sue glandole sparse qua e là e i suoi canali ramificantisi. E poi, senza dimenticare il sistema respiratorio con i suoi meccanismi sussidiari, abbiamo il sistema alimentare altamente eterogeneo includente un gran numero di organi variamente costruiti che agiscono insieme. Considerando questi sistemi, vediamo il loro carattere comune esser questo, che mentre come sistemi completi essi cooperano per promuovere la vita totale, ciascuno di essi consiste di parti cooperanti: vi à cooperazione entro cooperazione.

Vi è un altro aspetto generale sotto cui si devono considerare le strutture. Esse si possono dividere nelle strutture universali e le particolari — quelle che sono ovunque presenti e quelle che occupano posti speciali. Il sangue che una sgraffiatura porta fuori ci mostra che il sistema vascolare manda rami in ogni luogo. La sensazione che accompagna una sgraffiatura prova che anche il sistema nervoso à là qualcuna delle sue fibrille ultime. I condotti del sistema linfatico non sono molto evidenti, e pure si possono trovare in ogni punto. E in tutte le parti esiste il tessuto connettivo — una sostanza tenace inerte che, occupando gl'interspazi, ricopre e collega insieme gli altri tessuti. Come risulta da questa descrizione, tali strutture stanno in contrasto con le strutture locali. Qui c'è un osso, là un muscolo, in questo punto una glandola, in quello un organo del senso. Ciascuna di queste strutture à una estensione limitata e una funzione particolare. Ma attraverso ognuna di esse si estendono ramificazioni di quelle strutture generali. Ognuna di esse à le sue arterie e vene capillari, i suoi nervi, i suoi vasi linfatici, il suo tessuto connettivo.

Il riconoscimento di questa verità mostra quel poco che qui deve dirsi riguardo agli organi; poichè evidentemente in un'opera limitata ai principii non si può entrare in una descrizione minuta di questi. Questa verità che rimane da notare è che, per quanto differenti essi possano essere nel resto delle loro strutture, tutti gli organi sono simili

in alcune di esse. Tutti sono forniti di questi meccanismi per la nutrizione, la depurazione e l'eccitazione: tutti devono essere mantenuti, tutti stimolati, tutti conservati netti. V'è finalmente da osservare che le strutture generali, che attraversano tutte le strutture speciali, allo stesso tempo si attraversano tra loro. Nel sistema nervoso generale si ramifica ovunque il sistema vascolare universale che lo alimenta; e il sistema vascolare universale è seguìto in tutte le sue ramificazioni da nervi speciali che lo governano. I vasi linfatici che formano un sistema di tubi penetrano in ogni punto de gli altri sistemi; e in ciascuno di questi sistemi universali è presente il tessuto connettivo che tiene le loro parti in posizione.

§ **54** *f*. Un argomento così vasto e svariato come la struttura organica, anche se il trattamento di esso si limiti alla enunciazione dei principii, non può evidentemente essere esaurito nello spazio qui assegnato. Quasi nulla si è detto delle strutture delle piante, e nell'esporre i caratteri principali delle strutture animali le illustrazioni date sono state per lo più tolte da esseri altamente sviluppati. In gran parte per indicare il nostro esame si può applicare la parola *accenno* piuttosto che *esposizione*.

Non di meno il lettore può tenere in mente certe verità le quali, esemplificate in pochi casi, sono esemplificate più o meno pienamente in tutti i casi. Vi à il fatto fondamentale che le piante e gli animali con cui abbiamo familiarità — i Metafiti e i Metazoi — sono formati mediante l'aggregazione di unità analoghe con i Protozoi. Queste unità, che spesso cospicuamente mostrano la loro omologia nelle prime fasi embrionali, continuano alcune di esse a mostrarla durante tutta la vita dei tipi più alti di Metazoi, che contengono bilioni di unità le quali vivono come Protozoi. In massima parte i protoplasti non attivi in tal guisa, relativamente poco trasformati in organismi bassi, si trasformano sempre più a misura che procede l'ascensione verso organismi elevati; così che, andando soggetti a numerose specie di metamorfosi, essi perdono ogni rassomiglianza con i loro omologhi liberi, tanto nella forma quanto nella composizione. I protoplasti contenuti nelle cellule così variamente cambiati sono fusi insieme in tessuti, in cui le loro individualità sono praticamente perdute; ma essi rimangono non di meno sempre connessi mediante fasci filamentosi permeabili di protoplasma. Sorgendo per complicazione de gli strati esterni e interni dell'embrione e diventando sempre più dissimili a misura che le loro unità si fanno

meno chiare, questi tessuti unendosi formano sistemi, che si sviluppano in serie di organi. Alcune delle strutture sono localizzate e speciali, ma altre sono ovunque fuse tra loro.

Mentre di questi fatti i primi ricordati si manifestano in ogni metazoo, e mentre gli ultimi ricordati sono visibili soltanto in Metazoi con strutture considerevolmente sviluppate, una transizione graduale è mostrata nelle specie intermedie di Metazoi. Di questa transizione rimane da dire che essa si effettua mediante il progressivo sviluppo di meccanismi ausiliarii. Per esempio, la primitiva cavità del cibo è un sacco con un'apertura soltanto; poi viene una seconda apertura attraverso la quale è espulsa la materia inutile del cibo. Il canale alimentare tra queste aperture è da prima effettivamente uniforme; in seguito in una certa parte della sua parete sorgono numerose cellule della bile; queste accumulandosi formano una prominenza vuota; e questa, ingrandendo, diventa nei tipi più alti un fegato, mentre il vuoto diventa il suo condotto. In altri modi graduali si formano altre glandole aggiunte. Intanto nel canale stesso si differenziano le sue parti; una essendo limitata a ingojare, un'altra a triturare, un'altra ad aggiungere varii solventi, un'altra ad assorbire il nutrimento preparato, un'altra ad espellere il residuo. Si prenda ancora l'organo visivo. La forma primissima di esso è una mera macchietta di pigmento al di sotto della superficie. Da questa (per non dire qui nulla de gli occhi multipli) ci eleviamo per complicazioni successive a una retina formata di numerosi elementi sensorii, lenti per gettare immagini su di essa, un riparo per chiuder fuori più o meno luce, muscoli per muovere qua e là l'apparato, altri per adattare il suo foco; e, finalmente, oltre a questi, troviamo una membrana mobile o palpebre per pulire perpetuamente la sua superficie, e un sistema di ciglia che avvertono quando un corpo estraneo è vicino in modo pericoloso. Questo processo di elaborare organi in modo da far fronte ad ulteriori esigenze mediante nuove parti aggiunte è il processo seguìto in ogni parte del corpo in generale.

Delle strutture delle piante, riguardo alle quali così poco si è detto, si può qui osservare che la loro relativa semplicità è dovuta alla semplicità delle loro relazioni col cibo. Il cibo delle piante è universalmente distribuito, mentre quello de gli animali è disperso. Le conseguenze immediate sono che nell'un caso il moto e la locomozione sono superflui, mentre nell'altro caso sono necessari: le differenze nei gradi di struttura ne sono la conseguenza. Riconoscendo le facoltà locomotrici di certe piccolissime Alghe e i moti di certe altre Alghe come

la *Oscillaria*, come pure queî movimenti delle foglie e de gli organi fruttiferi, che si vedono in alcune Fanerogame, possiamo dire generalmente che le piante sono prive di moto; ma ch'esse non di meno possono rimanere in vita perchè sono immerse nel nutrimento richiesto nell'aria o nel suolo. Al contrario, il nutrimento di cui ànno bisogno gli animali è distribuito nello spazio in porzioni: in alcuni casi le une vicino alle altre e in altri casi a grande distanza tra loro. Quindi il moto e la locomozione sono resi necessari; e da ciò risulta che gli animali devono avere organi che li rendano possibili. In primo luogo vi devono essere membra o strutture come quelle che fanno muovere il corpo nei pesci, nelle serpi e nei vermi. In secondo luogo, siccome l'azione implica consumo, vi dev'essere una serie di canali per portare i materiali di riparazione alle parti che si muovono. In terzo luogo vi dev'essere un sistema alimentare per prender dentro e preparare questi materiali. In quarto luogo vi devono essere organi per separare ed espellere i prodotti inutili. Tutti questi meccanismi devono essere altamente sviluppati in proporzione del maggior grado di attività richiesta. Allora vi dev'essere un apparato per dirigere i movimenti e la locomozione — un sistema nervoso; e non appena questi diventano rapidi e complessi, il sistema nervoso deve essere largamente sviluppato, tale che vada a finire in grossi centri nervosi — sedi dell'intelligenza, per mezzo delle quali sono regolate le attività in generale. Da ultimo, al di sotto di tutti i contrasti di struttura tra le piante e gli animali che ànno origine in questo modo, vi è il contrasto chimico; perchè la necessità di quella materia altamente azotata, di cui sono formati gli animali, risulta dalla necessità di svolgere rapidamente l'energia che produce il moto. Così che, per quanto sembri strano, quei caratteri chimici, fisici e mentali de gli animali, che profondamente li distinguono dalle piante, sono tutti risultati remoti della circostanza che il loro nutrimento è disperso invece di essere ovunque presente.

CAPITOLO III.

Funzione.

§ **55.** È la Struttura che dà origine alla Funzione, o è la Funzione che dà origine alla Struttura? è una questione intorno alla quale vi è stato disaccordo. Adoperando la parola Funzione nel suo più ampio significato, come la totalità di tutte le azioni vitali, la questione si riduce a questa — è la Vita che produce l'Organizzazione, o è l'Organizzazione che produce la Vita?

Rispondere a tale questione non è facile, poichè noi abitualmente troviamo le due cose così associate che nessuna delle due sembra possibile senza l'altra; ed esse sembrano uniformemente crescere e diminuire insieme. Ove si dicesse che la disposizione delle sostanze organiche in forme particolari non può essere la causa ultima dei cambiamenti vitali, che devono dipendere dalle proprietà di tali sostanze, si può replicare che, mancando disposizioni di struttura, le forze sviluppate non possono essere dirette e cambiate in modo da assicurare quella corrispondenza tra le azioni interne e le esterne che costituisce la Vita. Ancora, all'affermazione che l'attività vitale d'ogni genere, donde sorge un organismo, è manifestamente antecedente allo sviluppo delle sue strutture, si può rispondere che tale germe non è assolutamente privo di struttura.

Ma in verità tale questione non può essere determinata per mezzo di alcuna prova ora accessibile a noi. Le più semplici forme conosciute di vita (anche quelle senza nucleo, se ve ne sono) consistono di protoplasma granulato; e la granulazione implica struttura. Inoltre siccome ciascuna specie di protozoo, anche la più infima, à il suo modo specifico di sviluppo e la sua attività specifica — anche fino ai bacterii,

alcune specie dei quali, altrimenti indistinguibili, si possono distinguere in virtù delle loro differenti reazioni al mezzo circostante — noi siamo costretti a concludere che vi devono essere differenze costituzionali tra i protoplasmi di cui essi consistono, e ciò implica differenze di struttura. Sembra che struttura e funzione devano aver progredito di pari passo: qualche differenza di funzione, primieramente determinata da qualche differenza di relazione coll'ambiente, deve aver iniziato una lieve differenza di struttura, e questo di nuovo deve aver condotto a una più spiccata differenza di funzione; e così via attraverso continue azioni e reazioni.

§ **56.** La funzione dà luogo a divisioni di varie specie secondo il nostro punto di vista. Prendiamo queste divisioni nell'ordine della loro semplicità.

Nella Funzione nel suo più ampio senso sono incluse le distribuzioni di forza tanto statiche quanto dinamiche, che un organismo oppone alle forze che vengono ad agire su di esso. In un albero il centro legnoso del tronco e dei rami, e in un animale lo scheletro, interno o esterno, si possono considerare come resistenti passivamente alla gravità e alla pressione che tendono abitualmente od occasionalmente a disturbare le relazioni richieste tra l'organismo e il suo ambiente; e siccome esse resistono a queste forze semplicemente in virtù della loro coesione, le loro funzioni si possono classificare come *statiche*. Al contrario, le foglie e i canali del succo in un albero, e quegli organi che in un animale similmente promuovono la nutrizione e la circolazione, come pure quelli che generano e dirigono il moto muscolare, devono essere considerati come *dinamici* nelle loro azioni. Da un altro punto di vista la Funzione si può dividere nella *accumulazione di energia* (latente nel cibo); il *dispendio di energia* (latente nei tessuti e certe materie assorbite da essi); e il *trasferimento dell'energia* (latente nel nutrimento preparato o sangue) dalle parti che accumulano alle parti che consumano. Nelle piante vediamo poco più del primo di questi processi: il dispendio essendo comparativamente piccolo, e il trasferimento richiesto soprattutto per facilitare l'accumulazione. Ne gli animali la funzione dell'*accumulazione* comprende quei processi per cui i materiali contenenti energia latente sono introdotti, digeriti, e separati da gli altri materiali; la funzione del *trasferimento* comprende quei processi per cui tali materiali, e quegli altri che sono necessari per liberare le energie ch'essi contengono, sono trasportati in ogni punto dell'organismo; e la fun-

zione del *dispendio* comprende quei processi per cui l'energia è liberata da questi materiali e trasformata in moti propriamente coordinati. Ciascuna di queste tre divisioni più generali include parecchie divisioni più speciali. L'accumulazione dell'energia si può separare in *alimentazione* e *aereazione*; di cui la prima è novamente separabile nei vari atti che passano tra la prensione del cibo e la trasformazione di una parte di esso in sangue. Per trasferimento dell'energia si deve intendere ciò che noi chiamiamo *circolazione*; se il significato della parola circolazione sia esteso fino ad abbracciare gli uffici tanto del sistema vascolare quanto dei vasi linfatici. Nel dispendio della energia rientrano le *azioni nervose* e le *azioni muscolari*: benchè non siano assolutamente tanto estese quanto il dispendio, queste lo sono quasi. Da ultimo vi sono le funzioni sussidiarie, le quali propriamente non rientrano entro alcuna di queste funzioni generali, ma servono ad esse col rimuovere gli ostacoli al loro adempimento: quelle cioè della escrezione e della *esalazione*, onde sono espulsi i prodotti inutili. Ancora, trascurando i loro scopi e riguardandole analiticamente, il fisiologo generale può considerare le funzioni nel loro senso più ampio come correlative ai tessuti — come azioni del tessuto epidermico, del tessuto cartilaginoso, del tessuto elastico, del tessuto connettivo, del tessuto osseo, del tessuto muscolare, del tessuto nervoso, del tessuto glandulare. In fine la fisiologia nelle sue interpretazioni concrete riconosce le funzioni speciali come i fini di organi speciali — riguarda i denti come aventi l'ufficio della masticazione; il cuore come un apparato per spingere avanti il sangue; questa glandula come adatta a produrre una secrezione richiesta e quella a produrne un'altra; ciascun muscolo come l'agente di un moto particolare; ciascun nervo come il veicolo di una sensazione speciale o di uno speciale impulso motore.

È chiaro che trattando della Biologia soltanto ne' suoi aspetti più ampi, le specialità di funzione non ci riguardano; eccetto in quanto esse servono a illustrare o a limitare i caratteri generali.

§ **57.** La prima induzione da esporsi qui è una induzione familiare ed ovvia; l'induzione cioè che la complessità di funzione è correlativa alla complessità di struttura. I principali aspetti di questa verità devonsi brevemente notare.

Dove non vi sono distinzioni di struttura non vi sono distinzioni di funzione. Un Rizopodo servirà come una illustrazione. Dall'esterno di questo essere, che nè pure à una membrana limitante, si protendono

in fuori numerosi processi. Avendo origine in un punto qualsiasi della superficie, ciascuno di questi può contrarsi di nuovo e scomparire, o può toccare qualche frammento di nutrimento che esso attira con sè, quando si contrae, nella massa generale — servendo così come mano e bocca; o può venire in contatto con gli altri processi simili a sè a una certa distanza dal corpo e diventare confluenti con essi; o esso può attaccarsi a un oggetto fisso adiacente, e ajutare mercè la sua contrazione a tirare il corpo in una nuova posizione. In breve, questo punto di gelatina animata è a un tempo tutto stomaco, tutto pelle, tutto bocca, tutto membro, e senza dubbio, pure, tutto polmone. In organismi che ànno una distribuzione fissa di parti vi à una concomitante distribuzione fissa di azioni. Fra le piante vediamo che quando, invece di un tessuto uniforme come quello di molte Alghe, caratterizzato in ogni punto dal medesimo processo di assimilazione, sorgono, come nelle piante più elevate, radice e stelo e foglie, sorgono anche processi corrispondentemente dissimili. In modo ancor più cospicuo tra gli animali risultano varietà di funzione quando la massa originariamente omogenea è sostituita da organi eterogenei; poichè, tanto singolarmente quanto nelle loro combinazioni, le parti modificate generano cambiamenti modificati. Fino ai più alti tipi organici questa dipendenza continua ad esser manifesta; ed essa può esser seguìta non solo sotto questa forma più generale, ma altresì sotto la forma più speciale, che in animali aventi una serie di funzioni sviluppate in una eterogeneità più che ordinaria vi à un apparato corrispondentemente eterogeneo dedicato ad esse. Così tra gli uccelli, i quali possiedono facoltà locomotrici più varie che quelle dei mammiferi, le membra sono più ampiamente differenziate; mentre i mammiferi più elevati, in cui gli adattamenti delle relazioni interne alle esterne sono più numerosi e complicati di quelli de gli uccelli, ànno sistemi nervosi più complessi.

§ **58.** È una generalizzazione quasi egualmente ovvia come l'ultima, che le funzioni, al pari delle strutture, sorgono per differenziazioni progressive. Precisamente come un organo è da principio un rudimento indefinito, il quale nulla à di comune con la forma ch'esso à da prendere da ultimo, fuorchè qualche caratteristica più generale; così una funzione comincia come una specie di azione la quale soltanto in un modo assai vago è simile alla specie di azione ch'essa diventerà eventualmente. E nello sviluppo funzionale, come nello sviluppo delle strutture, il carattere principale in tal guisa manifestato fin dall'inizio

è seguìto successivamente da caratteri di sempre minore importanza. Ciò vale egualmente in tutti i gradi ascendenti de gli organismi e attraverso tutte le fasi di ciascun organismo. Guardiamo qualche caso: limitando la nostra attenzione a gli animali, in cui lo sviluppo funzionale è meglio manifestato che nelle piante.

La prima differenziazione stabilita separa le due funzioni fondamentalmente opposte sopra menzionate — l'accumulazione di energia e il dispendio di energia. Tralasciando i Protozoi (tra i quali, tuttavia, quelle tribù che presentano distribuzioni fisse di parti ci mostrano sostanzialmente la stessa cosa), e cominciando con i più infimi Celenterati, dove tessuti definiti fanno la loro apparizione, osserviamo che la sola grande distinzione funzionale è tra l'endoderma, che assorbe nutrimento, e l'ectoderma che, con le sue proprie contrazioni e quelle dei tentacoli ch'esso porta, produce moto: mentre tuttavia alla contrattilità partecipa in una qualche misura l'endoderma. Che le funzioni dell'accumulazione e del dispendio sono qui assai incompletamente distinte, si può ammettere senza togliere valore al fatto che questa è la prima specializzazione che comincia ad apparire. Queste due funzioni più generali e più radicalmente opposte diventano nei Polizoi assai più chiaramente separate l'una dall'altra: allo stesso tempo che ciascuna di esse diventa parzialmente divisa in funzioni subordinate. L'endoderma e l'ectoderma non sono più semplicemente le pareti interna ed esterna del medesimo semplice sacco entro cui il cibo è attirato: ma l'endoderma forma un vero canale alimentare, separato dall'ectoderma mediante una cavità peri-viscerale, contenente le materie nutritive assorbite dal cibo. Ciò è a dire, la funzione dell'accumulare forza è esercitata da una parte distintamente divisa, parte principalmente occupata nel consumo: mentre la struttura posta tra di esse, piena del nutrimento assorbito, effettua in una maniera vaga quel trasferimento di forza che, in una fase più elevata dell'evoluzione, diventa una terza funzione principale. Intanto, l'endoderma più non adempie la funzione accumulatrice nello stesso modo in tutta la sua estensione; ma le sue differenti porzioni, esofago, stomaco, e intestino, eseguiscono porzioni differenti di questa funzione. E invece di una contrattilità uniformemente diffusa attraverso l'ectoderma, sono sorte nel mesoderma intermedio alcune parti che ànno l'ufficio di contrarsi (muscoli), e alcune parti che ànno l'ufficio di farle contrarre (nervi e gangli). A misura che procediamo più in alto, il trasferimento della forza, fin qui effettuato del tutto incidentalmente, viene ad avere un organo speciale. Nell'ascidia, la cir-

colazione è prodotta da un tubo muscolare, aperto ad ambedue le estremità, il quale, mediante un'onda di contrazione che passa attraverso di esso, manda fuori ad una estremità il fluido nutriente attirato dentro dall'altra; e che, avendo in tal guisa spinto il fluido per un certo tempo in una direzione, capovolge il suo movimento e lo spinge nella direzione opposta. Per mezzo di ciò questo cuore rudimentale genera correnti alternanti nel nutrimento che occupa la cavità peri-viscerale. Non occorre descrivere come la funzione di trasferire l'energia, in tal guisa vagamente indicata in queste forme inferiori, venga ad essere in seguito l'ufficio definitamente diviso di un apparato complesso costituito di molte parti, ciascuna delle quali à una porzione particolare della funzione generale. È sufficientemente manifesto che questa funzione generale diventa più chiaramente distinta dalle altre, allo stesso tempo che essa stessa si divide in funzioni subordinate.

In un embrione in via di sviluppo, le funzioni o più rigorosamente le strutture che devono adempierle sorgono nello stesso ordine generale. Una simile distinzione primaria assai presto appare tra l'endoderma e l'ectoderma — la parte che à l'ufficio di accumulare energia, e la parte da cui crescono quegli organi che sono i grandi consumatori di energia. Tra queste due parti tosto sorge il mesoderma in cui diventa visibile il rudimento di quel sistema vascolare, che à da adempiere l'ufficio intermedio di trasferire l'energia. Di queste tre funzioni generali, quella di accumulare l'energia è esercitata sin dall'inizio: l'endoderma, anche mentre è ancora incompletamente differenziato dall'ectoderma, assorbe materie nutritive dal tuorlo sottoposto. Il trasferimento dell'energia è altresì in una certa misura effettuato dal rudimentale sistema vascolare, non appena si delineano la sua cavità centrale e i vasi connessi. Ma il dispendio di energia (al meno ne gli animali più elevati) non è manifestato in modo apprezzabile da quelle strutture ectodermiche e mesodermiche che in seguito devono essere principalmente dedicate ad esso: non v'è alcuna sfera per le azioni di queste parti. Similmente dicasi delle principali suddivisioni di queste funzioni fondamentali. La distinzione prima stabilita separa l'ufficio di trasformare altra energia in moto meccanico, da l'ufficio di liberare l'energia che à da esser così trasformata. Mentre nello strato fra l'endoderma e l'ectoderma vanno sorgendo i rudimenti del sistema muscolare, appare nell'ectoderma il rudimento del sistema nervoso. Questi segni di strutture, che ànno da condividere tra loro l'ufficio generale di spendere energia, sono presto seguiti da cambiamenti che adombrano ulteriori

specializzazioni di questo ufficio generale. Nel sistema nervoso incipiente comincia a sorgere quel contrasto tra la massa cerebrale e il midollo spinale, che, in complesso, risponde alla divisione delle azioni nervose in direttive ed esecutive; e, allo stesso tempo, la comparsa delle lamine vertebrali adombra la separazione del sistema osseo, il quale à da resistere agli sforzi dell'azione muscolare, dal sistema muscolare, che, nel generare il moto, porta con sè questi sforzi. Simultaneamente ànno avuto luogo simili specializzazioni attuali e potenziali nelle funzioni dell'accumulazione dell'energia e del trasferimento dell'energia. E in tutte le fasi successive il metodo è sostanzialmente il medesimo.

Questo progresso da forme di azione generali, indefinite e semplici a forme di azione speciali, definite e complesse, è stato opportunamente chiamato dal Milne-Edwards «la divisione fisiologica del lavoro». Forse nessuna metafora può esprimere più veramente la natura di questo avanzamento dall'attività vitale nelle sue forme più infime all'attività vitale nelle sue forme più elevate. E forse il lettore comune non può in altro modo ottenere un concetto così chiaro dello sviluppo funzionale ne gli organismi, come lo può ottenere seguendo lo sviluppo funzionale nelle società: osservando come viene da prima una distinzione tra la classe governante e la classe governata; come mentre nella classe governante lentamente crescono certe differenze di funzione, quali sarebbero la funzione civile, la militare e l'ecclesiastica, sorgono nella classe governata differenze industriali fondamentali, come quelle tra agricoltori e artigiani; e come vi à un continuo moltiplicarsi di tali occupazioni specializzate e partizioni specializzate di ciascuna occupazione.

§ **59.** Per comprendere pienamente questo cambiamento dalla omogeneità di funzione alla eterogeneità di funzione, che accompagna il cambiamento dalla omogeneità di struttura alla eterogeneità di struttura, è necessario considerarlo sotto un aspetto opposto. Da sola, l'esposizione precedente dà un'idea che è allo stesso tempo inadeguata ed erronea. Le divisioni e suddivisioni di funzione, diventando definite a misura che si moltiplicano, non conducono a una indipendenza sempre più completa di funzioni; come farebbero, se il processo null'altro fosse che quello or ora descritto; ma in virtù di un processo simultaneo esse sono rese più mutuamente dipendenti. Mentre sotto un aspetto esse si vanno separando ciascuna dall'altra, sotto un altro aspetto si vanno combinando tra loro. Allo stesso tempo che sono soggette a una dif-

ferenziazione, esse vanno altresì integrandosi. Alcuni esempi renderanno ciò chiaro.

In animali i quali manifestano poco più della differenziazione primaria di funzioni, l'attività di quella parte che assorbe nutrimento o accumula energia, non è immediatamente collegata con l'attività di quella parte che, nel produrre moto, consuma energia. Ne gli animali più elevati, tuttavia, l'adempimento delle funzioni alimentari dipende dall'adempimento di varie funzioni muscolari e nervose. La masticazione e la deglutizione sono atti nervo-muscolari; le contrazioni ritmiche dello stomaco e i moti vermicolari affini de gl'intestini risultano dalla stimolazione riflessa di certi rivestimenti muscolari, prodotta dal cibo; la secrezione dei diversi fluidi digestivi da parte delle loro rispettive glandole è dovuta all'eccitazione nervosa di esse; e la digestione, oltre a richiedere questi ajuti speciali, non è propriamente eseguita se manca una scarica continua di energia da i grandi centri nervosi. Ancora, la funzione di trasferire il nutrimento o energia latente da una parte all'altra, benchè da principio non sia strettamente connessa con le altre funzioni, da ultimo diventa così connessa. Il breve tubo contrattile, che sospinge indietro e in avanti il sangue contenuto nella cavità peri-viscerale di un'ascidia, nè per la struttura nè per la funzione è molto collegato con gli altri organi dell'animale. Ma procedendo in alto attraverso tipi più elevati, in cui questo semplice tubo è sostituito da un sistema di tubi ramificati, che attraverso le loro estremità aperte trasportano il loro contenuto nei tessuti in parti distanti; e venendo a quei tipi progrediti che possiedono sistemi chiusi di arterie e di vene, i quali si ramificano minutamente in ogni angolo di ogni organo; noi troviamo che l'apparato circolatorio, mentre è divenuto per la struttura connesso con l'intero corpo, è divenuto incapace di adempiere propriamente il suo ufficio senza l'ajuto di uffici i quali sono affatto separati dal suo proprio. Il cuore, benchè principalmente automatico nelle sue azioni, è governato dal sistema nervoso, il quale à una parte nel regolare le contrazioni tanto del cuore quanto delle arterie. Dal giusto adempimento della funzione respiratoria dipende pure direttamente la funzione della circolazione: se l'aereazione del sangue è impedita, l'attività vascolare è abbassata; e l'arresto dell'una assai presto cagiona l'arresto dell'altra. Similmente dicasi delle funzioni del sistema nervo-muscolare. Gli animali di bassa organizzazione, in cui la differenziazione e l'integrazione delle azioni vitali non sono andate molto avanti, si muoveranno qua e là per un tempo considerevole dopo essere state private dei visceri, o

di quei meccanismi per cui l'energia è accumulata e trasferita. Ma gli animali di alta organizzazione sono immediatamente uccisi mediante la rimozione di questi meccanismi, e anche per un danno arrecato a parti minori di essi: i movimenti di un cane sono improvvisamente portati a termine, tagliando uno dei canali principali lungo i quali sono trasportati i materiali che sviluppano i movimenti. Così mentre in esseri bene sviluppati la distinzione delle funzioni è assai spiccata, la combinazione delle funzioni è assai stretta. Di momento in momento l'aereazione del sangue implica che certi organi respiratorii sono costretti a contrarsi da gl'impulsi nervosi che passano lungo certi nervi; e che il cuore va opportunamente spingendo il sangue che dev'essere aereato. Di momento in momento la digestione procede soltanto a condizione che vi sia una provvista di sangue aereato e una corrente adatta di energia nervosa attraverso gli organi digestivi. Affinchè il cuore di un mammifero possa agire, la sua sostanza muscolare dev'essere continuamente alimentata con un'abbondante provvista di sangue arterioso.

Non è agevole trovare una espressione adeguata per questa doppia ridistribuzione di funzioni. Non è agevole realizzare una trasformazione attraverso la quale le funzioni diventino in tal guisa separate in un senso e combinate in un altro senso, o anche fuse tra loro. Qui, tuttavia, come prima, ci ajuta un'analogia tratta dall'organizzazione sociale. Se noi osserviamo come la crescente divisione del lavoro nelle società è accompagnata da una più stretta cooperazione; e come gli strumenti delle differenti azioni sociali, mentre diventano sotto un aspetto più distinti, diventano sotto un altro aspetto più minutamente ramificati tra loro; comprenderemo meglio la crescente cooperazione fisiologica che accompagna la crescente divisione fisiologica del lavoro. Si noti, per esempio, che mentre le divisioni locali e le classi della comunità sono andate diventando dissimili nelle loro diverse occupazioni, l'esercizio di queste è divenuto a poco a poco dipendente dalla giusta attività di quella vasta organizzazione per cui il sostentamento è raccolto e diffuso. Durante le prime fasi dello sviluppo sociale, ogni piccolo gruppo di popolo, e spesso ogni famiglia, otteneva separatamente le cose necessarie alla propria sussistenza; ma ora per ciascuna cosa necessaria, e per ciascuna cosa superflua, esiste un corpo combinato di distributori all'ingrosso e al minuto, che con le sue ramificazioni mette alla portata di tutti le provviste. Mentre ciascun cittadino segue una professione che non mira immediatamente alla sodisfazione de' suoi bisogni personali, questi sono sodisfatti mediante un meccanismo gene-

rale che da tutti i luoghi porta le mercanzie utili a lui e a' suoi concittadini — un meccanismo il quale non potrebbe cessare le sue funzioni speciali per pochi giorni, senza condurre a termine le funzioni speciali di lui e quelle della maggior parte de gli altri. Si consideri, ancora, come ciascuna di queste funzioni differenziate sia ovunque pervasa da certe altre funzioni differenziate. Mercanti, industriali, le diverse specie di commercianti all'ingrosso, insieme con avvocati, banchieri, ecc., tutti impiegano scrivani. Ne gli scrivani abbiamo una classe specializzata dispersa attraverso varie altre classi, e avente la sua funzione fusa con le differenti funzioni di queste varie altre classi. Similmente i viaggiatori di commercio, benchè abbiano in un certo senso una occupazione separata, ànno in un altro senso una occupazione che forma parte di ciascuna delle molte occupazioni cui essa ajuta. Come accade qui con la divisione sociologica del lavoro, così accade con la divisione fisiologica del lavoro sopra descritta. Precisamente come vediamo in una comunità progredita, che mentre le attività giudiziarie, le ecclesiastiche, le mediche, le legali, le industriali e le commerciali sono divenute distinte, pure i loro organi sono mescolati insieme in ogni località; così in un organismo sviluppato, vediamo che mentre le funzioni generali della circolazione, della secrezione, dell'assorbimento, della escrezione, della contrazione, ecc., sono divenute differenziate, pure per via delle ramificazioni dei sistemi dedicati ad esse, esse sono strettamente combinate l'una con l'altra in ogni organo.

§ **60.** La divisione fisiologica del lavoro per solito non è portata così avanti da distruggere interamente la primaria comunanza fisiologica del lavoro. Come nelle società l'adattamento di classi speciali a uffici speciali non priva interamente queste classi della capacità di adempiere reciprocamente i loro uffici in caso di bisogno; così ne gli organismi, i tessuti e le strutture che sono divenuti adatti a gli ufficii particolari, ch'essi ànno ordinariamente da eseguire, spesso rimangono parzialmente capaci di eseguire altri uffici. È stato fatto notare dal Dr. Carpenter che « in casi dove le differenti funzioni sono altamente specializzate, la struttura generale mantiene, più o meno, la primitiva comunanza di funzione che originariamente la caratterizzava ». Pochi esempi renderanno chiara questa generalizzazione.

Le radici e le foglie delle piante sono ampiamente differenziate nelle loro funzioni: per mezzo delle radici, l'acqua e le sostanze minerali sono assorbite; mentre le foglie attirano in sè e decompongono l'acido

carbonico. Non di meno, da molti botanici si ritiene che alcune foglie, o parti di esse, possono assorbire acqua; e in quelle che popolarmente si chiamano «piante aeree», o in ogni modo in alcune specie di esse, l'assorbimento dell'acqua è principalmente e in alcuni casi interamente eseguito da esse e da gli steli. Al contrario, le parti sotterranee possono parzialmente assumere le funzioni delle foglie. Il tubero di una patata esposto all'aria sviluppa clorofilla alla sua superficie, e in altri casi, come in quello della rapa, le radici propriamente dette fanno lo stesso. Ne gli alberi i tronchi, che ànno in gran parte cessato di produrre germogli, ricominciano a produrli se si tagliano i rami; qualche volta i rami aerei mandano giù radici al suolo; e in certe circostanze le radici, benchè non siano nell'abitudine di sviluppare organi che portano foglie, mandano su numerosi rampolli. Quando l'escrezione della bile è arrestata, parte va alla pelle e parte ai reni, che tosto soffrono sotto il loro nuovo còmpito. Vari esempi di scambio di funzione si possono trovare fra gli animali. L'escrezione dell'acido carbonico e l'assorbimento dell'ossigeno sono principalmente eseguiti da i polmoni ne gli esseri che ànno polmoni; ma in tali esseri continua ad esservi una certa somma di respirazione cutanea, e nei batraci dalla pelle molle, come la rana, questa respirazione cutanea è importante. Ancora, quando i reni non adempiono il loro ufficio, una notevole quantità di urea è eliminata mediante il sudore. Altri casi sono forniti dalle funzioni più elevate. Nell'uomo le membra, che tra i vertebrati inferiori sono quasi interamente organi di locomozione, si specializzano in organi di locomozione e organi di prensione. Non di meno le braccia e le gambe umane adempiono, in una certa misura, quando è necessario, i loro reciproci uffici. Non solo nella fanciullezza e nella vecchiaja le braccia sono adoperate per scopi di sostegno, ma in occasioni di bisogno, come quando si fanno escursioni in montagna, esse sono adoperate da uomini in pieno vigore. E che le gambe sono in un grado considerevole capaci di eseguire gli uffici delle braccia, è provato dalla grande abilità prensile raggiunta da esse quando mancano le braccia. Tra le percezioni pure vi sono esempi di sostituzione parziale. Il sordo Dr. Kitto dichiarava di essere divenuto eccessivamente sensibile alle vibrazioni propagate attraverso il corpo; e di avere così acquistato la facoltà di percepire, per via delle sue sensazioni generali, quelle concussioni vicine che le orecchie ordinariamente avvertono. Le persone cieche fanno eseguire, in parte, all'udito l'ufficio della vista. Invece d'identificare le posizioni e le dimensioni dei corpi vicini mercè la riflessione della

luce dalla loro superficie, esse fanno ciò in una maniera grossolana mercè la riflessione del suono dalla superficie di essi.

Noi vediamo, come ci potremmo aspettare di vedere, che questa facoltà di eseguire funzioni generali è tanto più grande quanto meno gli organi sono stati adattati alle loro funzioni speciali. Quelle parti delle piante, che mostrano un'attitudine così considerevole ad adempiere reciprocamente i loro uffici, non sono ampiamente dissimili nelle loro strutture minute. E i tessuti che ne gli animali sono in una qualche misura sostituibili tra loro, sono tessuti in cui è ancora cospicua la originaria composizione cellulare. Ma noi non troviamo fatti i quali mostrino che i tessuti muscolari, nervosi, od ossei siano capaci in qualsiasi grado di eseguire quei processi che i tessuti meno differenziati eseguiscono. Nè abbiamo alcuna prova che un nervo possa parzialmente adempiere l'ufficio di un muscolo, o un muscolo quello di un nervo. Dobbiamo dire, per ciò, che l'attitudine a riassumere la primordiale comunanza di funzione varia in ragione inversa della specializzazione stabilita di funzione; e che essa scompare quando la specializzazione diventa grande.

§ **61.** Per confermare le conclusioni in tal guisa raggiunte *a posteriori* si possono aggiungere spiegazioni che si avvicinano in qualche modo a ragioni *a priori*. Esse devono essere accettate per quello che sembrano valere.

Si può argomentare che secondo l'ipotesi dell'Evoluzione, la Vita viene necessariamente prima dell'organizzazione. Secondo questa ipotesi, la materia organica in uno stato di aggregazione omogenea deve precedere la materia organica in uno stato di aggregazione eterogenea. Ma siccome il passaggio da uno stato privo di struttura a uno stato di struttura è esso stesso un processo vitale, ne segue che l'attività vitale deve essere esistita quando ancora non v'era struttura alcuna: altrimenti la struttura non avrebbe potuto sorgere. Che la funzione antecede la struttura, sembra altresì incluso nella definizione della Vita. Se la Vita si mostra nelle azioni interne adattate in modo da equilibrare le azioni esterne — se l'energia supposta è la *sostanza* della Vita, mentre l'adattamento delle azioni costituisce la *forma* di essa; allora non possiamo noi dire che le azioni da esser formate devono venir prima di ciò che le forma — che il cambiamento continuo, che è la base della funzione, deve venire prima della struttura che dà forma alla funzione? E ancora, siccome in tutte le fasi di Vita fino alle più elevate,

ogni avanzamento è l'effettuazione di qualche migliore adattamento delle azioni interne alle esterne; e siccome la concomitante nuova complessità di struttura è semplicemente un mezzo per render possibile questo migliore adattamento, ne segue che il compimento della funzione è, in ogni caso, ciò per cui sorge la struttura. Non solo questo è manifestamente vero dove la modificazione di struttura risulta per reazione da una modificazione di funzione; ma è altresì vero dove una modificazione di struttura, altrimenti prodotta, apparentemente inizia una modificazione di funzione. Poichè soltanto quando una tale modificazione di struttura così detta spontanea serve a qualche azione vantaggiosa, essa è permanentemente stabilita. Se è una modificazione che facilita per avventura le attività vitali, la « selezione naturale » la conserva e l'accresce; ma se no, essa scompare.

La connessione che noi notammo tra eterogeneità di struttura ed eterogeneità di funzione — una connessione resa così familiare dall'esperienza da apparire appena degna di essere specificata — è evidentemente una connessione necessaria. Essa segue dalla verità generale che quanto maggiore è l'eterogeneità di qualsiasi aggregato, tanto maggiore è l'eterogeneità ch'esso produrrà in una forza incidente (*Primi Principii*, § 156). L'energia continuamente liberata nell'organismo per decomposizione, è qui la forza incidente; le funzioni sono le forme variamente modificate prodotte nelle divisioni di tale energia da gli organi ch'esse attraversano; e quanto più multiformi sono gli organi, tanto più multiformi devono essere le differenziazioni della forza che passa attraverso di essi.

Segue manifestamente da ciò, che se la struttura progredisce dall'omogeneo, indefinito o incoerente all'eterogeneo, definito e coerente, così pure deve la funzione. Se il numero delle parti differenti in un aggregato deve determinare il numero delle differenziazioni prodotte nelle energie che passano attraverso di esso — se la distinzione di queste parti l'una da l'altra deve implicare distinzione nelle loro reazioni, e per ciò distinzione tra le divisioni dell'energia differenziata; non vi può non essere un parallelismo completo tra lo sviluppo della struttura e lo sviluppo della funzione. Se la struttura progredisce dal semplice e generale al complesso e speciale, la funzione deve fare lo stesso.

CAPITOLO IV.

Consumo e Reintegrazione.

§ **62.** In tutto il regno vegetale, i processi del Consumo e della Reintegrazione sono comparativamente insignificanti per la quantità. Benchè tutte le parti delle piante, salvo le foglie o altre parti che sono verdi, diano fuori acido carbonico; pure questo acido carbonico, ammettendo ch'esso indichi consumo di tessuto, o piuttosto del protoplasma contenuto nel tessuto, non indica che un piccolo consumo. Naturalmente se v'è poco dispendio, non vi può essere che poca reintegrazione — cioè poco di quella reintegrazione interstiziale che ristora l'integrità delle parti consumate dall'attività funzionale. Nè, in vero, le piante manifestano in alcun grado considerevole, se pur la manifestano affatto, quell'altra specie di reintegrazione che consiste nel rinnovamento di organismi perduti o danneggiati. Le foglie strappate e i germogli che sono accorciati dal potatore, non riproducono le loro parti mancanti; e benchè quando il ramo di un albero è tagliato vicinissimo al tronco, il punto si ricopre nel corso degli anni, ciò non avviene in virtù di alcuna azione riparatrice nella superficie ferita ma in virtù dell'accrescimento laterale della corteccia adiacente. Quindi, senza dire che il Consumo e la Reintegrazione non ànno affatto luogo nelle piante, possiamo opportunamente trascurarle come di nessuna importanza.

Non vi sono che leggeri indizi di consumo in quegli ordini inferiori di animali i quali, per la loro relativa inattività, si mostrano nel minimo grado lontani dalla vita vegetale. Le actinie tenute in un acquario non diminuiscono di volume in modo apprezzabile per una prolungata privazione di nutrimento. Anche i pesci, benchè molto più attivi della

maggior parte de gli altri esseri acquatici, sembrano andar soggetti a una ben piccola perdita di sostanza quando son tenuti senza alimento durante periodi considerevoli. I rettili, pure, che non conservano una grande temperatura, e passano per lo più la loro vita in uno stato di torpore, soffrono una ben piccola diminuzione di massa a causa del consumo. Quando, tuttavia, ci volgiamo a quegli ordini più elevati di animali che sono attivi e a sangue caldo, vediamo che il consumo è rapido: producendo, quando non è raffrenato, una notevole diminuzione di volume e di peso, che assai presto termina con la morte. Oltre a trovare che il consumo è minimo in esseri i quali producono ben poco moto insensibile e sensibile, e ch'esso diventa cospicuo in esseri che producono molto moto insensibile e sensibile; troviamo che ne gli stessi esseri vi è il massimo grado di consumo quando la maggior quantità di moto è generata. Ciò è chiaramente provato da gli animali ibernanti. « Valentin trovò che la marmotta sveglia emetteva in media 75 volte di più di acido carbonico, e inalava 41 volte di più di ossigeno, che lo stesso animale nel più completo stato d'ibernazione. Le fasi tra il periodo della veglia e la più profonda ibernazione offrivano cifre intermedie. Un riccio sveglio dava circa 20.5 volte di più di acido carbonico, e consumava 18.4 volte di più di ossigeno, che uno nello stato d'ibernazione » (1). Se noi prendiamo queste quantità di ossigeno assorbito e di acido carbonico espulso, come indizi in certo modo delle somme relative di sostanza organica consumata, vediamo che vi à un contrasto notevole tra il consumo che accompagna lo stato ordinario di attività, e il consumo che accompagna la quiescenza completa e la temperatura ridotta. Questa differenza è ancor più definitamente mostrata dal fatto, che la perdita giornaliera prodotta dalla fame insodisfatta nei conigli e nei porcellini d'India sta con quella prodotta dallo svernamento nella proporzione di 18.3 : 1. Tra gli uomini e gli animali domestici, la relazione tra il grado di consumo e la somma di energia spesa, benchè sia una relazione riguardo alla quale v'è poco dubbio, è meno distintamente dimostrabile, perchè al dispendio non è dato procedere senza altre influenze. Noi abbiamo, tuttavia, nella vita deperiente di malati i quali

---

(1) In connessione con questo argomento io aggiungo qui una affermazione fatta dal Prof. Forster, che è difficile comprendere: « In vero è stato osservato che un ghiro effettivamente guadagnò nel peso durante un periodo di svernamento; durante questo periodo esso non emise urina nè feci, e l'acquisto nel peso fu l'eccesso dell'ossigeno introdotto sull'acido carbonico espulso » (*Manuale di Fisiologia*, 6ª ed., Parte II, pag. 859).

non son capaci di prendere quasi alcun nutrimento, ma sono tenuti caldi e tranquilli, una illustrazione della misura in cui il consumo diminuisce, mentre a poco a poco declina il dispendio di energia.

Oltre la connessione tra il consumo dell'organismo come un tutto e la produzione di moto sensibile e insensibile da parte di esso, vi à una connessione rintracciabile tra il consumo di parti speciali e le attività di tali parti speciali. Gli esperimenti ànno dimostrato che « il piccione affamato quotidianamente consuma in media 40 volte di più di sostanza muscolare che la marmotta nello stato di torpore, e soltanto 11 volte più di grasso, 33 volte più del tessuto del canale alimentare, 18.3 volte più di fegato, 15 volte più di polmone, 5 volte più di pelle ». Ciò è a dire, nell'animale ibernante le parti meno consumate sono gli organi motori quasi totalmente quiescenti, e la parte più consumata è il deposito idro-carbonico che serve come una provvista di energia; laddove nel piccione, similmente privato di nutrimento ma sveglio e attivo, la più grande perdita à luogo ne gli organi motori. La relazione tra attività speciale e consumo speciale è illustrata, pure, nelle esperienze quotidiane di tutti: non certo nel grado di diminuzione delle parti attive nel volume o nel peso, poichè noi non abbiamo alcun mezzo di accertare questo; ma nella diminuita capacità di tali parti di eseguire le loro funzioni. Che le gambe esercitate per molte ore nel camminare e le braccia lungamente sforzate nel remigare perdono le loro forze — che gli occhi s'indeboliscono col leggere o scrivere senza intermissione — che l'attenzione concentrata, non interrotta dal riposo, prostra il cervello in modo da renderlo incapace di pensare, sono verità familiari. E benchè noi non abbiamo alcuna prova diretta a questo effetto, vi è poco pericolo di errore nel concludere che i muscoli esercitati finchè dolgono o diventano rigidi, e i nervi del senso resi stanchi o ottusi dalla fatica, sono organi tanto consumati dall'azione da essere parzialmente inabili al loro ufficio.

La reintegrazione ovunque e sempre va riparando il consumo. Benchè i due processi variino nei loro gradi relativi, ambedue ànno luogo costantemente. Benchè durante lo stato attivo, sveglio di un animale il consumo sia in eccesso della reintegrazione, pure la reintegrazione è in progresso; e benchè durante il sonno la reintegrazione sia in eccesso del consumo, pure qualche consumo è reso necessario dall'adempimento di certe funzioni che non cessano mai. Gli organi di queste funzioni incessanti forniscono, in vero, le prove più conclusive della simultaneità della reintegrazione e del consumo. Giorno e notte il cuore non

cessa mai di battere, ma varia soltanto nella rapidità e nel vigore de' suoi battiti; e quindi la perdita di sostanza, che le sue contrazioni a ogni momento portano con sè, deve essere riparata a ogni momento. Giorno e notte i polmoni si dilatano e si restringono; e i muscoli che cagionano questi movimenti devono per ciò esser tenuti in uno stato d'integrità mediante una riparazione che va di pari passo col consumo, e che alternativamente rimane inferiore ad esso e lo supera in una assai lieve misura.

Esaminando i fatti noi vediamo, come ci potremmo aspettare di vedere, che il progresso della reintegrazione è più rapido quando più ridotta è l'attività. Supponendo che gli organi i quali assorbono e fanno circolare il nutrimento siano in buona condizione, la ristorazione del corpo in uno stato d'integrità, dopo la disintegrazione risultante dal dispendio di energia, è proporzionata alla diminuzione di questo dispendio. Così noi tutti sappiamo che quelli i quali sono in buona salute sentono il più grande ritorno di vigore dopo un sonno profondo — dopo una cessazione completa di moto. Sappiamo che una notte durante la quale il riposo, corporeo e mentale, è stato meno deciso, non è per solito seguìta da quella spontanea esplicazione di energia che indica un alto stato di benessere in tutto l'organismo. Sappiamo, ancora, che lo stare lungamente sdraiati, anche senza dormire (purchè il non dormire non sia il risultato di un disordine), è seguìto da un certo rinnovamento di forza; benchè un rinnovamento minore di quello che avrebbe tenuto dietro alla più grande inattività del sonno. Sappiamo, pure, che quando si è esauriti dalla fatica, lo stare a sedere porta un ritorno parziale di vigore. E sappiamo altresì che dopo il violento esercizio del correre, il passaggio all'esercizio meno violento del camminare risulta in una graduale scomparsa di quella prostrazione che il correre produceva. Questa serie di illustrazioni prova in modo conclusivo che la ricostruzione dell'organismo va continuamente riparando la demolizione di esso cagionata dall'agire; e che l'effetto di questa ricostruzione diventa tanto più manifesto, quanto meno rapida è la demolizione. Da ogni pasto digerito si assorbe a periodi di poche ore nella massa di nutrimento preparato, che circola attraverso il corpo, una nuova provvista dei composti organici necessari; e dal sangue, in tal guisa di quando in quando riarricchito, gli organi attraverso i quali esso passa vanno continuamente prendendo materiali per sostituire i materiali adoperati nell'adempimento delle funzioni. Durante l'attività la reintegrazione resta indietro di fronte alla disintegra-

zione; finchè, come una conseguenza, viene tosto uno stato generale di languore funzionale; il quale termina, a lungo andare, in una quiescenza che permette alla reintegrazione di eccedere la disintegrazione e di ricondurre le parti al loro stato d'integrità. Qui, come ovunque, vi sono azioni antagonistiche, vediamo divergenze ritmiche dai lati opposti dello stato medio — cambiamenti che si fanno equilibrio tra loro mediante i loro eccessi alternativi (*Primi Principii*, §§ 85, 173).

Non mancano esempi della reintegrazione speciale che similmente è in continuo progresso, e similmente presenta intervalli durante i quali essa cade al di sotto del consumo e si eleva al di sopra di esso. Ognuno sa che un muscolo, o un sistema di muscoli, continuamente sforzato, come col tenere sollevato un peso col braccio disteso, perde presto la sua energia; e la ricupera più o meno pienamente dopo un breve riposo. I diversi organi delle sensazioni speciali ci offrono esperienze simili. Sapori forti, odori potenti, rumori alti, rendono i nervi impressionati da essi temporaneamente incapaci di apprezzare deboli sapori, odori, o suoni; ma questa incapacità è rimediata da brevi intervalli di riposo. La vista ancor meglio illustra questa simultaneità del consumo e della reintegrazione. Il guardare il sole influisce su gli occhi in modo che, per un breve tempo, essi non possono percepire le cose all'intorno con la solita chiarezza. Dopo aver fissato la luce viva di un colore particolare, noi vediamo, volgendo gli occhi verso gli oggetti vicini, una immagine del colore complementare; il che mostra aver la retina perduto, per il momento, la facoltà di sentire in piccola quantità quei raggi che ànno fortemente influito su di essa. Tali incapacità scompajono in pochi secondi o pochi minuti, secondo le circostanze. E qui, in vero, siamo condotti a una prova conclusiva che la reintegrazione speciale neutralizza continuamente il consumo speciale. Poichè la rapidità con cui gli occhi ricuperano la loro sensibilità varia col potere reintegratore dell'individuo. Nella gioventù l'apparato visivo è così prontamente restituito al suo stato d'integrità, che molte di queste immagini fotogeniche, come si chiamano, non possono essere percepite. Sedendo all'altra estremità di una stanza, e fissando lo sguardo fuori dalla finestra contro un cielo limpido, una persóna la quale sia indebolita per la malattia o per l'età avanzata percepisce, trasferendo lo sguardo alla parete vicina, una momentanea imagine negativa della finestra — i tramezzi che dividono i cristalli apparendo chiari e i quadrati oscuri; ma una persona giovane e sana non à punto una tale esperienza. Con un sangue ricco e una circolazione vigorosa, la reinte-

grazione dei nervi visivi dopo impressioni d'intensità moderata, è quasi istantanea.

La funzione esercitata in eccesso può produrre un consumo così grande, che la reintegrazione non può ripararlo durante gli ordinari periodi giornalieri di riposo; e ne può risultare una incapacità de gli organi troppo affaticati, che dura per periodi considerevoli. Sappiamo che gli occhi sforzati per un lungo lavoro minuto perdono il loro potere per mesi od anni: soffrendo forse un danno dal quale non si riànno mai interamente. I cervelli, pure, sono di frequente così eccessivamente affaticati che un rilassamento permanente impedisce ch'essi riacquistino il pristino vigore. Anche per gli organi motori vale la stessa cosa. La causa più frequente di ciò che si chiama « paralisi consumante », o atrofia dei muscoli, è l'eccesso abituale di esercizio: del che si à la prova in ciò, che la malattia sorge più frequentemente tra quelli occupati in professioni manuali laboriose, e per solito attacca innanzi tutto i muscoli che sono stati più adoperati.

V'è da notare un'altra specie di reintegrazione — quella, cioè, per cui le parti danneggiate o perdute si rinnovano. Tra gl'Idrozoi è un fenomeno comune che una porzione qualsiasi del corpo riproduca il resto; anche se il resto da esser così riprodotto sia la parte maggiore del tutto. Ne gli Antozoi più altamente organizzati la metà di un individuo si svilupperà in un individuo completo. Alcuni de gli Anellidi inferiori, come la *Nais*, si possono tagliare in trenta o quaranta pezzi, e ciascun pezzo diventerà eventualmente un animale perfetto. A misura che ascendiamo a forme più elevate, troviamo questo potere riparatore molto diminuito, benchè ancora considerevole. Un caso familiare è la riproduzione di una branca perduta in un gambero o in un granchio. Alcuni dei Vertebrati inferiori altresì, come le lucertole, possono sviluppare nuove membra o nuove code, in luogo di quelle che sono state tagliate via; e ponno far ciò parecchie volte, benchè sempre meno completamente. Gli animali più elevati, tuttavia, si reintegrano in tal guisa soltanto in una misura assai piccola. Nei mammiferi e ne gli uccelli ciò accade solo nella guarigione delle ferite, e molto spesso imperfettamente anche in questo. Poichè ne gli organi muscolari e glandolari i tessuti distrutti non sono propriamente riprodotti, ma sono sostituiti da una specie irregolare di tessuto che serve a tenere insieme le parti. Così che la facoltà di riprodurre le parti perdute è massima dove l'organizzazione è infima; e quasi scompare dove l'organizzazione è la più elevata. E benchè non possiamo dire che nelle fasi intermedie vi sia

un rapporto inverso costante tra il potere riparatore e il grado di organizzazione, pure possiamo dire che v'è una qualche approssimazione a un tal rapporto.

§ **63.** Vi à una completa e manifesta armonia tra la prima delle induzioni precedenti e la deduzione che segue immediatamente dai primi principii. Abbiamo già visto (§ 23) «che qualsiasi somma di energia, che un organismo spende in qualunque forma, è il correlativo e l'equivalente di una energia che vi fu introdotta dal di fuori». Il moto sensibile o insensibile, generato da un organismo, è moto insensibile che fu assorbito nel produrre certi composti chimici appropriati dall'organismo sotto forma di cibo. Quella quantità di energia, che fu richiesta per sollevare gli elementi di questi atomi complessi al loro stato di equilibrio instabile, è restituita nel cadere di essi in uno stato di equilibrio stabile; ed essendo caduti in uno stato di equilibrio stabile non possono restituire altra energia, ma devono essere eliminati come inerti e inutili. È un corollario inevitabile «dalla persistenza della forza, che ciascuna porzione di energia meccanica o d'altro genere, che un organismo esercita, implica la trasformazione di altrettanta materia organica quanta conteneva questa energia in uno stato latente»; e che questa materia organica nel cedere la sua energia latente perde il suo valore per gli scopi della vita, e diventa materia inutile che deve essere espulsa. La perdita di queste complesse sostanze instabili deve quindi essere proporzionata alla quantità di forza spesa. Qui, dunque, è la spiegazione di certi fatti generali or ora indicati. Le piante non consumano in alcun grado considerevole per l'ovvia ragione che i moti sensibili e insensibili ch'esse generano sono in grado minimo. Tra il poco consumo, la poca attività, e la bassa temperatura de gli animali inferiori, la relazione è similmente una di quelle suscettibili di essere stabilite *a priori*. Al contrario, si potrebbe con eguale certezza prevedere il rapido consumo di animali attivi, a sangue caldo. E non meno manifestamente necessaria è la variazione nel consumo, che, nello stesso organismo, accompagna la variazione nel calore e nel moto meccanico prodotto.

Tra l'attività di una parte speciale e il consumo di quella parte, una relazione analoga può essere deduttivamente inferita; benchè non si possa inferire che questa relazione sia egualmente definita. Se l'attività di ogni organo fosse del tutto indipendente dalle attività de gli altri organi, noi ci potremmo aspettare di rintracciare distintamente

questa relazione; ma siccome l'aumento di attività in qualsiasi organo o gruppo di organi, come i muscoli, necessariamente porta con sè un aumento di attività in altri organi, come nel cuore, nei polmoni, e nel sistema nervoso, è chiaro che consumo speciale e consumo generale sono troppo intrecciati perchè sia possibile stabilire una relazione definita tra consumo speciale e attività speciale. Noi possiamo giustamente dire, tuttavia, che questa relazione è appunto così manifesta, come possiamo ragionevolmente presupporre.

§ **64.** L'interpretazione deduttiva dei fenomeni della Reintegrazione non è in alcun modo così facile. La tendenza manifestata da un organismo animale, come anche da ciascuno de' suoi organi, di tornare a uno stato d'integrità mediante l'assimilazione di nuova materia, quando esso è stato soggetto al consumo risultante dall'attività, è una tendenza che non si può chiaramente dedurre dai primi principii; benchè sembri essere in armonia con essi. Se nel sangue esistessero unità già formate esattamente simili nella specie a quelle di cui ciascun organo consiste, la scelta di queste unità, avente termine nella unione di ciascuna specie con gruppi già esistenti della stessa specie, sarebbe semplicemente un buon esempio di segregazione (*Primi Principii*, § 163). Tale scelta sarebbe analoga al processo per cui, da una soluzione mista di sali, vengono dopo un certo periodo depositate masse separate di questi sali nella forma di differenti cristalli. Ma come si è già detto (§ 54), benchè l'assimilazione elettiva, per cui si effettua la reintegrazione de gli organi, può risultare in parte da un'azione di questo genere, i fatti non possono essere in tal guisa interamente spiegati; poichè gli organi sono in parte costituiti di unità le quali non esistono come tali nei fluidi circolanti. Dobbiamo supporre che, come si è suggerito nel § 54, i gruppi di unità composte abbiano un certo potere di modellare i materiali adatti adiacenti in unità della loro forma. Vediamo se non vi sia ragione di credere che un tal potere esista.

« Il *virus* del vaiuolo o della scarlattina », osserva il signor (ora Sir James) Paget, « una volta aggiunto al sangue, tosto influisce sulla composizione del tutto: la malattia prosegue il suo corso, e, ove segua la guarigione, il sangue sembrerà esser tornato alla sua condizione precedente: pure esso non è più come era prima; poichè ora lo stesso *virus* può essere aggiunto ad esso con impunità »..... « Il cambiamento, una volta effettuato, può esser mantenuto per tutta la vita. E in ciò sembra esservi una prova della forza assimilatrice nel sangue: poichè sembra

che non vi sia altro modo di spiegare questi casi se non ammettendo che le particelle alterate abbiano il potere di assimilare a sè tutte quelle da cui esse vengono sostituite: in altre parole, tutto il sangue che è formato dopo una tale malattia devia dalla composizione naturale, fino al punto da acquistare la peculiarità generata dalla malattia: esso si forma secondo il modello alterato ». Ora se le molecole composte del sangue, o di un organismo considerato nel complesso, ànno il potere di ridurre al loro proprio tipo le materie ch'esse assorbono come nutrimento; e se ànno il potere, quando il loro tipo è stato cambiato dalla malattia, di ridurre i materiali in seguito ricevuti secondo il tipo modificato; non possiamo noi ragionevolmente congetturare che le molecole più o meno specializzate di ciascun organo abbiano, in simil maniera, il potere di ridurre i materiali, che il sangue porta ad essi, nella forma di molecole similmente specializzate? L'una conclusione sembra essere un corollario dell'altra. Non si può pretendere un tal potere per le unità componenti del sangue, senza concederlo alle unità componenti di ogni tessuto. In vero l'affermazione di questo potere è poco più che un'affermazione del fatto che gli organi composti di unità specializzate *sono* capaci di riassumere la loro integrità di struttura dopo che essi sono stati consumati dalla funzione. Poichè se essi fanno ciò, devono farlo formando con i materiali portati ad essi certe unità specializzate simili nel genere a quelle di cui essi sono composti; e dire che essi fanno questo è come dire che le loro unità componenti ànno il potere di ridurre i materiali adatti ad altre unità dello stesso ordine.

§ **65.** Che cosa dobbiamo noi dire dell'attitudine che à un organismo a ricompletarsi quando una delle sue parti è stata tagliata via? È essa dello stesso ordine come l'attitudine di un cristallo danneggiato a ricompletarsi? Nell'un caso e nell'altro nuova materia è depositata in modo da restaurare la conformazione originaria. E se nel caso del cristallo diciamo che l'intero aggregato esercita sopra le sue parti una forza la quale costringe le molecole novamente aggregate a prendere una certa forma definita, sembra che siamo costretti, nel caso dell'organismo, ad ammettere una forza analoga. Quando si è amputata la gamba di una lucertola, tosto spunta fuori il germe di una nuova, la quale, passando attraverso fasi di sviluppo come quelle della gamba originaria, da ultimo assume una forma e struttura simile; e quindi noi affermiamo solo ciò che vediamo quando affermiamo che l'intero organismo, o la parte adiacente di esso, esercita sul membro in formazione un tal potere che lo

rende una ripetizione del suo predecessore. Se una gamba è riprodotta dove eravi una gamba, e una coda dove eravi una coda, non sembra esservi altra alternativa se non concludere che le forze intorno ad essa governano i processi formativi che ànno luogo in ciascuna parte. E considerando questi fatti in connessione con varii altri affini, si presenta l'ipotesi, che la forma di ciascuna specie di organismo sia determinata da una peculiarità nella costituzione delle sue unità — che queste abbiano una struttura speciale in cui esse tendono a disporsi; precisamente come l'ànno le unità più semplici della materia inorganica. Diamo uno sguardo alle prove che più specialmente ci costringono ad accettare questa conclusione.

Un frammento di una foglia di Begonia, inserito in un suolo adatto e tenuto ad una temperatura appropriata, svilupperà una giovane Begonia; e il frammento in tal guisa capace di dare origine a una pianta completa è così piccolo, che con una singola foglia si può produrre all'incirca un centinaio di piante. L'amico, a cui io devo questa osservazione, mi dice che varie piante succolenti ànno facoltà simili di moltiplicazione. A illustrare una facoltà analoga tra gli animali, abbiamo gli esperimenti spesso citati di Trembley sull'idra comune. Ciascuno dei quattro pezzi, in cui si tagliava uno di questi esseri, si sviluppava in un individuo perfetto. In ciascuno di questi, ancora, la bisezione e la trisezione erano seguite da simili risultati. E così con i loro segmenti, similmente prodotti, finchè sino a cinquanta idre erano derivate da quella originaria. I corpi quand'eran tagliati generavano di nuovo le teste; le teste generavano di nuovo i corpi; e quando un corpo era stato diviso in quanti pezzi si poteva, quasi ogni pezzo sopravviveva e diventava un animale completo. Ora, che cosa implica ciò? Noi non possiamo dire che in ciascuna porzione di una foglia di Begonia, e in ogni frammento del corpo di un'Idra, esista un modello già formato dell'intero organismo. Anche se si potesse giustificare la dottrina che il germe di ogni organismo contenga l'organismo perfetto in miniatura, pure non si potrebbe sostenere che ciascuna parte considerevole dell'organismo perfetto risultante da un tal germe contenga un'altra tale miniatura. Invero l'una ipotesi esclude l'altra. La conseguenza, per ciò, sembra essere che le particelle viventi, che compongono uno di questi frammenti, abbiano una tendenza innata a disporsi nella forma dell'organismo a cui esse appartengono. Noi dobbiamo inferire che le unità attive componenti una pianta o un animale di qualsiasi specie abbiano un'attitudine intrinseca ad aggregarsi nella forma di quella specie. Sembra difficile concepire che

ciò possa essere così; ma noi vediamo che è così. I gruppi di unità presi da un organismo (purchè essi siano di un certo volume e non molto differenziati in strutture speciali) ànno questo potere di riordinarsi. Manifestamente, pure, se noi dobbiamo in tal guisa interpretare la riproduzione di un organismo da uno de' suoi frammenti amorfi, siamo costretti a interpretare nello stesso modo la riproduzione di qualsiasi porzione minore di un organismo per opera del rimanente. Quando in luogo della sua branca perduta un gambero mette fuori una massa cellulare la quale, mentre cresce di volume, assume la forma e la struttura della branca originaria, noi non possiamo evitare di attribuire questo risultato a un gioco di forze simile a quello che riduce i materiali contenuti in un pezzo di foglia di Begonia nella forma di una giovane Begonia.

§ **66.** Siccome avremo in seguito frequenti occasioni di riferirci a queste unità, le quali possiedono la proprietà di disporsi nelle strutture speciali de gli organismi a cui esse appartengono; sarà bene qui domandarsi con qual nome esse possono più acconciamente esser chiamate.

Da un lato, questa proprietà specifica non può risiedere in quei composti chimici che caratterizzano i corpi organici. Non può essere che le molecole di albumina, o fibrina, o gelatina, o altro proteide, possiedano questo potere di aggregarsi in tali forme specifiche; poichè in simil caso nulla vi sarebbe per spiegare le dissomiglianze dei differenti organismi. Se le tendenze delle molecole proteiche determinassero le forme de gli organismi costituiti di esse o da esse, l'apparire di tali forme infinitamente svariate sarebbe inesplicabile. Quindi quelle che noi possiamo chiamare le *unità chimiche* non possiedono evidentemente questà proprietà.

Da l'altro lato, questa proprietà non può risiedere in quelle che si possono rozzamente distinguere come le *unità morfologiche*. Il germe di ogni organismo è una porzione minuta di protoplasma racchiuso, comunemente chiamata cellula. È mediante la moltiplicazione delle cellule che si effettuano tutti i primi cambiamenti di sviluppo. I vari tessuti, che successivamente sorgono nell'organismo evolventesi, sono primieramente cellulari; e in molti di essi la formazione delle cellule continua ad essere, durante tutta la vita, il processo mediante il quale si compie la reintegrazione. Ma benchè le cellule siano generalmente i componenti visibili ultimi de gli organismi, così che esse possono con qualche apparenza di ragione esser chiamate le unità morfologiche; pure non possiamo dire che questa tendenza ad aggregarsi in forme speciali di-

mori in esse. In molti casi un tessuto fibroso sorge da un blastema nucleato, senza formazione di cellule; e in tali casi non si possono considerare le cellule come unità che possiedono la proclività di struttura. Ma la prova conclusiva che le unità morfologiche non sono i fattori costruttivi in un organismo composto di esse, è offerta da i loro omologhi indipendenti, i così detti organismi unicellulari. Poichè ciascuno di questi manifesta il potere di assumere la sua struttura specifica. Evidentemente, se l'attitudine di un organismo multicellulare ad assumere la sua struttura specifica risultasse dalla cooperazione delle sue cellule componenti, allora una singola cellula o l'omologo indipendente di una singola cellula, non avendo altre cellule con cui cooperare, non potrebbe offrire caratteri strutturali. Non solo, tuttavia, gli organismi ad una cellula offrono caratteri strutturali, ma questi, anche tra i più semplici, sono così distinti da dare origine alla classificazione in ordini, generi, e specie; ed essi sono così costanti da rimanere i medesimi di generazione in generazione.

Se, dunque, questa polarità organica (come noi potremmo figurativamente chiamare questa proclività verso una disposizione specifica di struttura) non può essere posseduta nè dalle unità chimiche nè dalle unità morfologiche, dobbiamo concepirla come posseduta da certe unità intermedie, che noi possiamo chiamare *fisiologiche*. Sembra che non vi sia altra alternativa che quella di supporre che le unità chimiche si combinino in unità immensamente più complesse di sè stesse, per quanto esse siano complesse; e che in ciascun organismo le unità fisiologiche, prodotte da questa ulteriore composizione di molecole altamente composte, abbiano un carattere più o meno distintivo. Dobbiamo concludere che in ciascun caso qualche differenza di composizione nelle unità, o di ordinamento nei loro componenti, dando origine a qualche differenza nel gioco reciproco delle loro forze, produce una differenza nella forma che l'aggregato di esse assume.

I fatti contenuti in questo capitolo non formano che una piccola parte delle prove che ci costringono ad accettare questa supposizione. Troveremo in seguito varie ragioni per inferire che tali unità fisiologiche esistono, e che alle loro proprietà specifiche, più o meno dissimili in ciascuna pianta o animale, sono dovuti vari fenomeni organici.

CAPITOLO V.

Adattamento.

§ **67.** Siccome nelle piante il consumo e la reintegrazione sono appena apprezzabili, non è probabile che sorgano cambiamenti apprezzabili nelle proporzioni delle parti già formate. Le sole divergenze dalla struttura media di una specie, che noi possiamo aspettarci di veder prodotte da condizioni particolari, sono quelle producibili mercè l'azione di queste condizioni su parti che sono in corso di formazione; e infatti noi troviamo tali divergenze. Sappiamo che un albero il quale, stando solo in una posizione esposta, à un tronco breve e grosso, acquista un tronco alto e sottile quando cresce in un bosco; e che altresì i suoi rami prendono allora una inclinazione differente. Sappiamo che i germogli delle patate che, raggiungendo la luce, si sviluppano in fogliame, cresceranno, se manca la luce, fino alla lunghezza di parecchi piedi senza fogliame. Ed ogni pianta coltivata in casa fornisce la prova che i germogli e le foglie, volgendosi abitualmente verso la luce, offrono un certo adattamento — un adattamento dovuto, come dobbiamo supporre, a gli effetti speciali delle condizioni speciali sulle parti ancora in via di sviluppo. Ne gli animali, tuttavia, oltre ad analoghi cambiamenti di struttura durante il periodo dell'accrescimento coll'esser soggetti a circostanze dissimili dalle circostanze ordinarie, vi sono cambiamenti di struttura similmente operati dopo che è raggiunta la maturità. Gli organi che sono arrivati alle loro dimensioni complete possiedono una certa modificabilità; così che mentre l'organismo come un tutto conserva pressochè il medesimo volume, le proporzioni delle sue parti possono essere considerevolmente variate. Le loro variazioni, qui trattate sotto il titolo di Adattamento, dipendono dalle forme speciali dell'attività indivi-

duale. Nell'ultimo capitolo vedemmo che le azioni degli organismi dànno luogo a reazioni su di essi; e che le forme speciali dell'azione dànno luogo a forme speciali di reazione. Qui rimane da far notare che queste azioni e reazioni speciali non ànno termine in cambiamenti temporanei, ma operano cambiamenti permanenti.

Se, in un animale adulto, il consumo e la reintegrazione in tutte le parti si facessero esattamente equilibrio — se ciascun organo guadagnasse giornalmente con la nutrizione esattamente tanto quanto esso perde giornalmente nell'adempimento della sua funzione — se l'eccesso di funzione fosse seguìto soltanto da un eccesso di nutrizione tale da fare equilibrio al soverchio consumo; è chiaro che non si verificherebbe alcun cambiamento nelle dimensioni relative de gli organi. Ma un tale equilibrio esatto non esiste. Se l'eccesso di funzione, e il conseguente eccesso di consumo, è moderato, esso non è semplicemente compensato con la reintegrazione ma più che compensato — vi è un certo aumento di volume. Ciò è vero in qualche misura dell'organismo come un tutto, quando l'organismo è conformato per l'attività. Un consumo considerevole, che dà un potere considerevole di assimilazione, è più favorevole all'accumulazione del tessuto che non sia la quiescenza con la sua assimilazione relativamente debole: donde risulta un certo adattamento dell'intero organismo alle sue esigenze. Ma è più specialmente vero delle parti di un organismo in relazione l'una coll'altra. Le illustrazioni si possono dividere in diversi gruppi. L'accrescimento dei muscoli esercitati in un grado insolito è un fatto di osservazione comune. Nel braccio spesso citato del frabbro ferrajo, nelle gambe della ballerina, e ne gli adduttori crurali del cavallerizzo, abbiamo esempi spiccati di una modificabilità che quasi ognuno à in qualche misura sperimentato. È inutile moltiplicare le prove. Il verificarsi di cambiamenti nella struttura della pelle, dove la pelle è esposta a uno sforzo insolito di funzione, è altresì familiare. Che l'ingrossamento della epidermide sulla palma di un operajo risulti dalla continua pressione e attrito, è certo. Quelli che non ànno prima esercitato le loro mani, trovano che un esercizio come quello del remigare comincia presto a produrre un simile ingrossamento. Questa relazione di causa ed effetto è ancor meglio mostrata da gl'indurimenti notevoli all'estremità delle dita di un violinista. Anche nella membrana mucosa, che ordinariamente non è soggetta a forze meccaniche di alcuna intensità, sono possibili modificazioni simili: lo attesta la callosità delle gengive che sorge in quelli che ànno perduto i loro denti, e ànno da masticare senza denti. Il sistema vascolare fornisce buoni esempi del-

l'aumento di crescenza che segue a un aumento di funzione. Quando, a causa di qualche ostruzione permanente nella circolazione, il cuore à da esercitare una maggiore forza contrattile sulla massa del sangue che esso sospinge ad ogni pulsazione, e quando ne risulta l'azione faticosa che si chiama palpitazione, per solito à luogo una dilatazione, o una ipertrofia, o una mescolanza dell'una e dell'altra: la dilatazione, che è un cedere della struttura del cuore sotto la tensione accresciuta, implica una incapacità di far fronte al nuovo bisogno; ma la ipertrofia, che consiste in un ingrossamento delle pareti muscolari del cuore, è un adattamento di esso allo sforzo addizionale richiesto. Ancora, quando un aneurisma in qualche arteria considerevole è stato obliterato, o artificialmente o per un processo infiammatorio naturale; e quando questa arteria à cessato conseguentemente di essere un canale per il sangue; alcune delle arterie adiacenti che fanno anastomosi con essa si allargano, in modo da portare la quantità necessaria di sangue alle parti alimentate. Benchè non abbiamo alcuna prova diretta di modificazioni analoghe nelle strutture nervose, pure una prova indiretta è data dalla maggiore capacità che segue a una maggiore attività. Ciò si manifesta del pari nei sensi e nell'intelletto. Il palato può essere educato ad una estrema sensibilità, come nei gustatori di tè di professione. Un direttore di orchestra, con la pratica continua, acquista un'abilità insolitamente grande a discernere differenze di suono. Nella lettura per mezzo delle dita dei ciechi abbiamo una prova che il senso del tatto può essere portato col l'esercizio ad una capacità assai più alta dell'ordinario (1). L'aumento di potere che l'esercitazione abituale dà alle facoltà mentali non à bisogno di essere illustrato: ogni persona colta ne à esperienza personale. Si possono trarre prove anche dalle strutture ossee. Le ossa di uomini abituati a una grande attività muscolare sono più grosse, e ànno processi più fortemente marcati per l'attaccamento dei muscoli, che le ossa di uomini i quali menano una vita sedentaria; e un simile contrasto vale tra le ossa di animali selvatici e addomesticati della stessa specie. Adattamenti di un altro ordine, in cui vi è una modificazione qualitativa piuttosto che quantitativa, sorgono dopo certi accidenti a cui è esposto lo scheletro. Quando la giuntura dell'anca si è lussata, e un lungo indugio

(1) Nella descrizione di Giacomo Mitchell, un ragazzo nato cieco e sordo, data da James Wardrop, F. R. S. (Edi. 1813), si dice ch'egli acquistò « un'acutezza ultranaturale di tatto e di odorato ». Il sordo Dr. Kitto diceva di avere una memoria visiva estremamente forte: egli conservava « una chiara impressione o imagine di tutto ciò ch'egli guardava ».

à reso impossibile di restaurare le parti al loro proprio posto, l'estremità del femore, inserita nei muscoli circostanti, diventa fusa nella sua nuova posizione mediante attaccamenti di tessuto fibroso, i quali offrono un sostegno sufficiente per permettere un'andatura zoppicante. Ma la modificazione più notevole di quest'ordine si verifica nelle estremità non unite di ossa fratturate. Spesso si formano false giunture (pseudoartrosi) — giunture le quali rozzamente simulano la struttura a cardine o la struttura rotatoria, secondo che i muscoli tendono a produrre un moto di flessione e di estensione o un moto di rotazione. Nell'un caso, secondo Rokitansky, le due estremità dell'osso rotto diventano liscie e coperte di tessuto periosteo e fibroso, e sono attaccate mediante legamenti che permettono un certo moto in dietro e in avanti; e nell'altro caso le estremità, similmente rivestite delle membrane appropriate, diventano l'una convessa e l'altra concava, sono racchiuse in una capsula, e sono anche talvolta fornite di fluido sinoviale!

La verità generale che un aumento di funzione è seguìto da un aumento di crescenza, dev'essere completata con la verità egualmente generale, che al di là di un certo limite, per solito presto raggiunto, si può riprodurre una modificazione ulteriore assai piccola, se pure è possibile. Le esperienze che noi colleghiamo nella prima induzione ci costringono ad accettare la seconda. Dopo un certo tempo nessuna esercitazione rende punto più forte il pugilatore o l'atleta. Il ginnasta adulto acquista da ultimo la facoltà di eseguire certe prodezze difficili; ma nessuna maggiore pratica lo pone in grado di eseguirne altre più difficili. Molti anni di disciplina dànno al cantante una particolare altezza ed estensione di voce, oltre la quale una ulteriore disciplina non dà una maggiore altezza o una estensione più ampia: al contrario un aumento di esercizio vocale, cagionando un consumo che eccede la reintegrazione, è spesso seguìto da una diminuzione di potenza. Nel raffinamento delle percezioni noi vediamo limiti simili. L'educazione, che eleva la suscettibilità dell'orecchio a gl'intervalli e alle armonie delle note, non trasformerà un cattivo orecchio in un buon orecchio. Sforzi che durano quanto la vita non riescono a fare di questo artista un disegnatore corretto o di quello un bravo colorista: ciascuno lavora meglio che non lavorasse al principio, ma ciascuno rimane inferiore alla maestria raggiunta da qualche altro artista. Nè questa verità è meno chiaramente illustrata tra le più complesse energie mentali. Un uomo può avere una facoltà matematica, una facoltà poetica, o una facoltà oratoria, che una educazione speciale perfeziona in una certa misura. Ma a meno che egli non sia

straordinariamente privilegiato in una di quelle direzioni, nessuna somma di educazione lo renderà un matematico di prim'ordine, un poeta di prim'ordine, o un oratore di prim'ordine. Così il fatto generale sembra essere che mentre in ciascun individuo certi cambiamenti nelle proporzioni delle parti possono essere cagionati da variazioni di funzioni, la struttura congenita di ciascun individuo pone un limite alla modificabilità di ogni parte. Nè ciò è vero de gl'individui soltanto: esso vale, in un certo senso, per la specie. Lasciando aperta la questione se, in periodi di tempo indefinito, non possano essere prodotte modificazioni indefinite per eredità de gli adattamenti funzionalmente causati, l'esperienza prova che entro periodi di tempo stabiliti, i cambiamenti prodotti nelle razze de gli organismi da cambiamenti di condizioni cadono entro limiti angusti. Benchè mediante la disciplina, ajutata dall'allevamento scelto, si sia aumentato il potere locomotore di una varietà di cavalli considerevolmente al di là di quello posseduto dalle altre varietà, tuttavia un ulteriore aumento à luogo, se pure à luogo affatto, in un grado inapprezzabile. Le differenti specie di cani, pure, in cui sono state stabilite differenti forme e capacità, ora non mostrano attitudini per divergere nelle stesse direzioni in gradi considerevoli. Ne gli animali domestici in generale, certi aumenti d'intelligenza sono stati prodotti mediante l'educazione; ma aumenti superiori a questi sono minimi. Sembra che in ciascuna specie di organismo vi sia un margine per le oscillazioni funzionali da tutti i lati di uno stato medio, e un margine conseguente per le variazioni di struttura; che è possibile spingere rapidamente i cambiamenti di funzione e di struttura verso il punto estremo di questo margine in qualsiasi direzione, tanto in un individuo quanto in una razza; ma che lo spingere più oltre questi cambiamenti in qualsiasi direzione, e così alterare l'organismo in modo da portare il suo stato medio fino al punto estremo del margine in quella direzione, è un processo relativamente lento (1).

Abbiamo altresì da notare che l'aumento limitato di volume, prodotto in qualsiasi organo da un aumento limitato della sua funzione, non si conserva a meno che l'aumento di funzione non sia permanente. Un uomo o altro animale adulto, condotto dalle circostanze ad esercitare

---

(1) Qui, come in parecchi altri luoghi in tutto questo capitolo, le necessità dell'argomento mi ànno costretto ad anticiparmi, ammettendo la conclusione raggiunta in un capitolo successivo, che le modificazioni di struttura prodotte da modificazioni di funzione sono trasmesse alla prole.

membri particolari in un grado insolito, e ad acquistare maggiori dimensioni in questi membri, comincia a perdere tali maggiori dimensioni cessando di esercitare i membri; e da ultimo ricade più o meno approssimativamente nello stato originario. Le gambe rafforzate da un viaggio pedestre diventano di nuovo relativamente deboli dopo un ritorno prolungato alla vita sedentaria. L'abilità acquistata nel compiere qualche atto di destrezza scompare nel corso nel tempo, se il compimento di esso è abbandonato. Se qualcuno rimane relativamente inferiore alla sua solita bravura nell'eseguire un pezzo di musica, nel giocare una partita a scacchi, o in qualunque altra cosa che richiede una coltura speciale, l'essere fuori di esercizio è una ragione che ognuno riconosce come valida. Si può osservare, pure, che la rapidità e la completezza con cui si perde una facoltà artificiale, è proporzionata alla brevità della educazione che la fece sorgere. Uno il quale à per molti anni perseverato in abitudini, che esercitano muscoli speciali o speciali facoltà della mente, conserva la maggiore capacità prodotta, in un grado assai considerevole, anche dopo un lungo periodo di desistenza; ma chi à perseverato in tali abitudini per un breve tempo, non possiede quasi più, alla fine di un simile periodo, la facilità ch'egli aveva acquistato. Qui pure, come prima, le successioni de gli organismi presentano un fatto analogo. Una specie in cui l'addomesticamento, continuato attraverso molte generazioni, à organizzato certe peculiarità; e che in seguito, sfuggendo alla disciplina domestica, ritorna press'a poco alle sue abitudini originarie; presto perde in gran misura, tali peculiarità. Benchè non sia vero, come si pretende, ch'essa riassuma completamente la struttura che aveva prima dell'addomesticamento, tuttavia essa si avvicina a quella struttura. Il Dingo, o cane selvatico dell'Australia, è uno de gli esempi che si dànno di questo fatto; e il cavallo selvatico dell'America del Sud è un altro. L'umanità, pure, ci offre esempi. Nelle lande boscose dell'Australia e nelle lontane foreste d'America, la razza Anglo-Sassone, in cui la civiltà à sviluppato i sentimenti più alti in un grado considerevole, rapidamente cade in una relativa barbarie: accogliendo il codice morale, e qualche volta le abitudini, del selvaggio.

§ **68.** È importante raggiungere, se possibile, qualche spiegazione di queste verità generali — specialmente delle ultime due. Una esatta comprensione di queste leggi delle modificazioni organiche è alla base di una esatta comprensione della grande questione delle specie. Mentre, come si è prima accennato (§ 40), l'azione della struttura sulla fun-

zione è uno dei fattori in quel processo di differenziazione per cui sono prodotte forme dissimili di piante e di animali, la reazione della funzione sulla struttura è un altro fattore. Quindi, vale bene la pena d'investigare fino a qual punto tali induzioni si possono interpretare deduttivamente.

La prima di esse è la più difficile da trattare. Perchè un organo esercitato alquanto oltre il suo solito debba tosto crescere, e così far fronte all'aumento di richiesta con un aumento di provvista, non è cosa ovvia. Noi sappiamo, in vero (*Primi Principii*, §§ 85, 173), che di necessità i cambiamenti ritmici prodotti da azioni organiche antagonistiche non possono, nessuno di essi, essere spinti all'eccesso in una direzione, senza che sia prodotto un eccesso equivalente nella direzione opposta. È un corollario dalla persistenza della forza, che qualsiasi deviazione effettuata da una causa perturbatrice, agendo su qualche membro di un equilibrio mobile, deve (a meno che non distrugga del tutto questo equilibrio) essere seguìta eventualmente da una deviazione compensatrice. Quindi è da aspettarsi che un eccesso di reintegrazione succeda a un eccesso di consumo. Ma come accade che lo stato medio dell'organo è mutato? Se un maggior consumo giornaliero naturalmente dà origine a una maggiore reintegrazione giornaliera solo in una misura equivalente, lo stato medio dell'organo dovrebbe rimanere costante. Come dunque viene l'organo ad aumentare nel volume e nella forza?

La risposta che noi possiamo sperare di trovare a tale questione deve essere cercata ne gli effetti operati sull'organismo nel suo complesso da un aumento di funzione in una delle sue parti. Infatti siccome qualsiasi parte può adempiere la sua funzione soltanto a condizione che quelle varie altre funzioni, da cui la sua propria dipende immediatamente, siano altresì adempite, ne segue che un eccesso nella sua funzione presuppone qualche eccesso nelle altre. Il lavoro addizionale dato a un muscolo implica un maggior lavoro dato alle arterie ramificate che portano sangue ad esso, e un ulteriore lavoro, più piccolo in proporzione, alle arterie da cui vengono queste arterie ramificate. Similmente, le vene più piccole e più grandi che portano via il sangue, come anche quelle strutture che eliminano i prodotti inutili, devono avere più da fare. E inoltre, ai centri nervosi che eccitano il muscolo deve spettare un certo còmpito maggiore. Ma l'eccesso di consumo darà luogo a un eccesso di reintegrazione tanto in queste parti quanto nel muscolo. I diversi meccanismi, per cui si effettuano la nutrizione e l'eccitazione di un organo, devono essere altresì influenzati da questo ritmo di azione e reazione; e perciò, dopo aver perduto più del solito a causa del processo distruttivo,

essi devono acquistare più del solito per mezzo del processo costruttivo. Ma la capacità temporaneamente accresciuta in questi meccanismi, mediante i quali sangue e forza nervosa sono portati a un organo, cagionerà una maggiore assimilazione nell'organo, oltre quella richiesta per fare equilibrio al maggior dispendio di esso. Considerando le funzioni come costituenti un equilibrio mobile, possiamo dire che la divergenza di qualsiasi funzione verso l'aumento costringe le funzioni con le quali essa è collegata a divergere nella medesima direzione; che queste, ancora, costringono le funzioni con le quali esse sono collegate a divergere altresì nella medesima direzione; e che queste divergenze delle funzioni connesse permettono alla funzione specialmente affetta di essere portata in questa direzione più oltre che non potrebbe altrimenti essere — più oltre che non la potrebbe portare la forza perturbatrice, se essa avesse una base fissa.

Si deve ammettere che questa non è che una spiegazione vaga. Fra azioni così complicate come queste noi possiamo appena aspettarci di poter fare più che oscuramente discernere un'armonia con i primi principii. Che i fatti devono essere interpretati in qualche modo simile, può, tuttavia, essere inferito dalla circostanza che una maggior provvista di sangue continua per qualche tempo ad essere mandata a un organo che è stato insolitamente esercitato; e che quando l'esercizio insolito dura lungo tempo, ne risulta un aumento permanente del sistema vascolare.

§ **69.** Alle questioni — perchè queste modificazioni di adattamento in un animale individuale raggiungono presto un limite? e perchè, nei discendenti di tale animale, posti in simili condizioni, questo limite è assai lentamente esteso? — si devono trovare le risposte nella stessa direzione in cui fu trovata la risposta all'ultima questione. E qui la connessione di causa e conseguenza è più manifesta.

Siccome la funzione di qualsiasi organo dipende dalle funzioni di organi che lo provvedono di materiali e di stimoli; ne segue che un organo specialmente esercitato può acquistare un grande aumento di potere nell'adempimento della sua funzione, soltanto dopo che un considerevole aumento di potere è stato acquistato da una serie di organi immediatamente connessi, e qualche aumento di potere da una serie secondaria di organi connessi remotamente. Così si richiedono modificazioni numerose e molto estese. Prima che l'arteria la quale alimenta un muscolo sottoposto a grave fatica possa permanentemente fornire una grande quantità addizionale di sangue, essa deve aumentare di diametro; e

affinchè il suo aumento di diametro possa essere utile, l'arteria principale da cui essa diverge deve altresì essere modificata in modo da portare questa quantità addizionale di sangue all'arteria ramificata. Similmente con le vene; similmente con le strutture che rimuovono i prodotti inutili; similmente con i nervi. E quando ci domandiamo che cosa implicano questi cambiamenti sussidiari, siamo costretti a concludere che vi dev'essere un gruppo analogo di cambiamenti più numerosi che si ramificano attraverso il sistema. L'accrescimento delle arterie primariamente e secondariamente connesse non può procedere in alcuna misura senza accrescimento nei minori vasi sanguigni, da cui dipende la loro nutrizione; mentre il loro maggior potere contrattile implica un ingrossamento dei nervi che le eccitano, e qualche modificazione di quella parte della corda spinale donde questi nervi procedono. Così, senza seguire le simili alterazioni remote che risultano da un maggiore accrescimento delle vene, dei vasi linfatici, de gli organi glandolari, e di altri agenti, è manifesto che una grande somma di ricostruzione deve essere compiuta in tutto l'organismo, prima che qualsiasi organo d'importanza possa essere permanentemente aumentato di volume e di forza in una grande misura. Quindi, se bene in qualsiasi parte quel maggiore accrescimento che non rende necessari cambiamenti considerevoli in tutto il resto dell'organismo, possa aver luogo rapidamente, un ulteriore accrescimento in questa parte, che richiede il rinnovarsi di numerose parti remotamente e leggermente affette, deve aver luogo solo per lenti gradi.

Noi abbiamo prima trovato che le nostre concezioni dei processi vitali sono rese più chiare studiando analoghi processi sociali. Nelle società vi à una mutua dipendenza di funzioni, essenzialmente simile a quella che esiste ne gli organismi; e vi à altresì una reazione essenzialmente simile delle funzioni sulle strutture. Dalle leggi delle modificazioni di adattamento nelle società, possiamo quindi sperare di avere un filo conduttore per spiegare le leggi delle modificazioni stesse ne gli organismi. Supponiamo, dunque, che una società sia arrivata a uno stato di equilibrio analogo a quello di un animale maturo — uno stato non simile al nostro, in cui l'accrescimento e lo sviluppo di struttura vanno rapidamente procedendo, ma uno stato di equilibrio durevole tra le energie funzionali delle varie classi e corporazioni industriali, e una conseguente fissità nella grandezza relativa di tali classi e corporazioni. Inoltre, supponiamo che in una società così equilibrata accada qualche cosa che getti sopra un'industria una domanda insolita — per esempio

una domanda insolita di navi (che noi supponiamo essere costrutte di ferro) in conseguenza del fatto che una nazione commerciale concorrente è stata prostrata da una carestia o pestilenza. Il risultato immediato di questa domanda addizionale di navi di ferro è l'impiego di molti lavoranti, e l'acquisto di una maggior quantità di ferro, da parte dei costruttori di navi; e quando, tosto, continuando la domanda, i costruttori di navi vedono che le loro officine e le loro macchine sono insufficienti, essi le ingrandiscono. Se la maggior richiesta persiste, l'alto interesse e gli alti salari portano nella industria quella maggior quantità di capitali e di lavoro, che è necessaria per i nuovi stabilimenti ove si costruiscono navi. Ma questa maggior quantità di capitali e di lavoro non viene subito; perchè in una comunità equilibrata, che non aumenta di popolazione e di ricchezza, lavoro e capitali devono essere derivati da altre industrie, dove essi dànno già i profitti ordinari. Andiamo ora un passo più avanti. Si supponga che questa industria della costruzione delle navi di ferro, essendosi ingrandita tanto quanto permettono il capitale e il lavoro utilizzabile, sia ancora inferiore alla domanda; che cosa limita l'immediato suo ulteriore sviluppo? La mancanza di ferro. Secondo l'ipotesi, l'industria produttrice di ferro, al pari di tutte le altre industrie nell'intera comunità, offre soltanto quella quantità di metallo che è abitualmente richiesta per tutti gli scopi a cui esso è applicato: la costruzione di navi ne è uno soltanto. Se, dunque, una maggior quantità di ferro è richiesta per la costruzione delle navi, il primo effetto è di sottrarre parte del metallo abitualmente consumato per altri scopi, e di elevarne il prezzo. Tosto, i fabbricanti di ferro sentono questo cambiamento e le loro provviste diminuiscono. Siccome, tuttavia, la quantità di ferro richiesta per la costruzione delle navi non forma che una piccola parte della quantità totale richiesta per tutti gli scopi, la maggiore domanda rivolta ai fabbricanti di ferro non può in alcun modo essere in proporzione così grande come è la maggiore domanda rivolta ai costruttori di navi. Donde segue che vi sarà un'assai minore tendenza a un allargamento immediato della industria produttrice di ferro: poichè la maggior quantità sarà per qualche tempo ottenuta lavorando un maggior numero di ore. Non di meno se, a misura che una maggior quantità di ferro può in tal guisa esser provveduta, l'industria costruttrice di navi continua a crescere — se, per conseguenza, i fabbricanti di ferro ricevono una domanda permanentemente aumentata, e dai loro più grandi profitti prendono un interesse più alto sul capitale, come anche pagano salari più elevati; vi sarà da ultimo una sottrazione di capitale e di

lavoro da altre industrie per allargare l'industria produttrice di ferro; si erigeranno nuove fornaci di fusione, nuove macchine a rullo, nuove case per gli operai. Ma evidentemente l'inerzia del capitale e del lavoro da superarsi prima che l'industria produttrice di ferro possa crescere in virtù della diminuzione di certe altre industrie, impedirà che il suo accrescimento abbia luogo fino a molto tempo dopo che l'aumentata industria costruttrice di navi lo à richiesto; e intanto lo sviluppo di questa industria dev'essere limitato dalla deficienza di ferro. Un ostacolo più remoto della stessa natura ci si presenta se andiamo un passo più avanti — un ostacolo che può essere superato soltanto in un tempo ancor più lungo. Infatti la manifattura del ferro dipende dalla provvista di carbone. Siccome la produzione del carbone era precedentemente in equilibrio col consumo; e siccome il consumo del carbone per la manifattura del ferro non è che una piccola parte del consumo totale; ne segue che una estensione considerevole della manifattura del ferro, quando infine à luogo, non cagionerà che una maggiore domanda comparativamente piccola nel commercio e nella estrazione del carbone — una domanda la quale, per un lungo periodo, non sarà sufficiente a cagionare un allargamento dell'industria carbonifera, coll'attirare capitale e lavoro da altri investimenti e occupazioni. E finchè la maggior domanda permanente di carbone non è divenuta grande abbastanza da attirare da altri investimenti e occupazioni capitale e lavoro sufficiente per scavare nuove miniere, la crescente produzione di ferro dev'essere ristretta dalla scarsità del carbone, e il moltiplicarsi dei cantieri e dei costruttori di navi dev'essere impedito dalla mancanza di ferro. Così, in una comunità la quale à raggiunto uno stato di equilibrio mobile, benchè qualsiasi industria direttamente affetta da una domanda addizionale può rapidamente subire un piccolo maggior sviluppo, tuttavia uno sviluppo al di là di questo, richiedendo la trasformazione di altre industrie, può aver luogo soltanto con relativa lentezza. E uno sviluppo ancor maggiore, richiedendo modificazioni di struttura d'industrie ancor più lentamente affette, deve aver luogo ancor più lentamente.

Lasciando questa analogia, vediamo più chiaramente la verità che qualsiasi membro considerevole di un organismo animale non può ingrandirsi di molto senza qualche riorganizzazione generale. Oltre a uno sviluppo dei gruppi primari, secondari e terziari delle parti connesse, ci dev'essere una trasformazione di parecchie parti non connesse; o, ad ogni modo, si deve stabilire permanentemente una nutrizione inferiore di tali parti. Poichè devesi ricordare che in un animale maturo, o che à raggiunto

un equilibrio tra assimilazione e dispendio, non vi può essere (supponendo che le condizioni generali rimangano costanti) un aumento nella nutrizione di alcuni organi senza una diminuzione nella nutrizione di altri; e uno stabilirsi organico dell'aumento implica uno stabilirsi organico della diminuzione — implica un cambiamento più o meno grande nei processi e nelle strutture in tutto l'intero sistema. E qui, invero, si rivela una ragione perchè gli animali in via di sviluppo sono capaci di adattamento tanto più presto di quelli adulti. Poichè mentre vi à un eccesso di nutrizione, è possibile che parti specialmente esercitate diventino specialmente più grosse senza alcuna deduzione positiva da altre parti. Si richiede soltanto quella deduzione negativa che risulta nella diminuzione di crescenza di altre parti.

§ **70.** Proseguendo più oltre l'argomento, giungiamo a una spiegazione della terza verità generale; cioè che gli organismi e le specie di organismi, che, sotto nuove condizioni, ànno subìto modificazioni di adattamento, presto ritornano pressochè alle loro strutture originarie quando siano restituiti alle loro condizioni originarie. Vedendo, come abbiamo visto, in qual modo l'eccesso di attività e l'eccesso di nutrizione in qualsiasi parte di un organismo debbano influire sull'attività e la nutrizione in parti connesse, e queste ancora in altre parti, finchè la reazione si è divisa e suddivisa in tutto l'organismo, influendo in gradi decrescenti sulle parti sempre più numerose e sempre più remotamente interessate; vediamo che i cambiamenti risultanti in queste parti, che costituiscono la grande massa dell'organismo, devono essere estremamente lenti. Quindi, se la necessità della modificazione di adattamento cessa prima che la grande massa dell'organismo sia stata molto alterata nella sua struttura da queste reazioni ramificate ma minute, noi avremo una condizione in cui la parte specialmente modificata non è in equilibrio con le altre. Tutti gli organi remotamente affetti, per ora assai poco mutati, riassumeranno, quando viene a mancare la causa perturbatrice, quasi del tutto le loro azioni precedenti. Le parti che da essi dipendono faranno per conseguenza a poco a poco lo stesso. Finchè da ultimo per un rovesciamento del processo di adattamento, l'organo da principio affetto sarà quasi ricondotto al suo stato originario. Considerando di nuovo l'analogia sopra stabilita tra un organismo e una società saremo posti in grado di meglio riconoscere questa necessità. Se, nel caso supposto, la maggiore domanda di navi di ferro, dopo aver prodotto l'erezione di alcuni altri cantieri e la sottrazione del ferro da altre manifatture, venisse a cessare, si tor-

nerebbe tosto a gli antichi limiti della industria costruttrice di navi: gli operai licenziati cercherebbero nuove occupazioni, e i nuovi cantieri sarebbero dedicati ad altri usi. Ma se l'accresciuto bisogno di navi durasse abbastanza lungamente, e diventasse grande abbastanza da produrre un'affluenza di capitale e di lavoro da altre industrie nella manifattura del ferro, una diminuzione nella domanda di navi porterebbe con sè assai meno rapidamente un decadimento della industria costruttrice di navi. Infatti essendo ora il ferro prodotto in maggior quantità, una diminuzione di consumo di esso per le navi cagionerebbe un abbassamento nel suo prezzo, e un conseguente abbassamento nel costo delle navi: così ponendo in grado i costruttori di navi di far fronte alla concorrenza che, come possiamo supporre, condusse a una diminuzione ne gli ordini ch'essi ricevevano. E siccome, quando le nuove fornaci di fusione e le nuove macchine, ecc., fossero state costruite con capitale sottratto da altre industrie, il trasferirlo ancora in altre industrie darebbe luogo a una grave perdita, i possessori, piuttosto che trasferirlo, accetterebbero un interesse insolitamente basso, e un eccesso di ferro continuerebbe ad esser prodotto; il che risulterebbe in un prezzo soverchiamente basso delle navi, e nel mantenimento della industria costruttrice di navi in limiti superiori al bisogno. Da ultimo, tuttavia, se il numero delle navi richieste diminuisse ancora, la produzione del ferro in eccesso diventerebbe assai poco rimunerativa; alcune delle fornaci di fusione sarebbero abbandonate; e quella quantità di capitale e di lavoro che rimanesse utilizzabile sarebbe ridistribuita in altri impieghi. Senza ripetere i gradi successivi dell'argomento, sarà chiaro che se l'allargamento della industria costruttrice di navi fosse grande abbastanza e durasse abbastanza lungamente per produrre un aumento nel numero delle miniere di carbone, quella industria sarebbe ancor meglio capace di mantenersi sotto circostanze avverse; ma che essa finirebbe, benchè in un periodo più lontano, coll'abbassarsi fino ai limiti necessari. Così le nostre conclusioni sono: — Primo, che se il maggior sviluppo prodotto dalla maggiore attività in una industria particolare à durato lungamente abbastanza solo per riformare le industrie prossimamente interessate, esso se ne andrà di nuovo dopo un breve periodo, se il bisogno di esso scompare. Secondo, che un lungo periodo è richiesto prima che le reazioni prodotte da una industria ingrandita possano cagionare una ricostruzione dell'intera società, e prima che le innumerevoli ridistribuzioni di capitale e di lavoro possano di nuovo raggiungere uno stato di equilibrio. E terzo, che solo quando un tale nuovo stato di equilibrio è da ultimo raggiunto,

può la modificazione di adattamento diventare una modificazione permanente. Non occorre qui indicare come lo stesso argomento valga per gli organismi animali. Il lettore seguirà facilmente il parallelo.

Che i tipi organici debbano essere relativamente stabili, potrebbe essere anticipato secondo l'ipotesi dell'Evoluzione. Siccome la struttura di qualsiasi organismo è un prodotto della serie quasi infinita di azioni e reazioni, a cui sono stati esposti gli organismi de gli antenati, qualunque azione e reazione insolita, che viene a operare sopra un individuo, non può avere che un effetto infinitesimale nel mutare permanentemente la struttura dell'organismo come un tutto. Il nuovo sistema di forze, composto con tutti i sistemi antecedenti di forze, non può modificare che in modo inapprezzabile quell'equilibrio mobile di funzioni che tutti questi sistemi antecedenti ànno stabilito. Se bene ne possa risultare una perturbazione considerevole di certe funzioni — una considerevole divergenza dai loro ritmi ordinari — pure il centro generale di equilibrio non può essere sensibilmente mutato. Rimovendo la causa perturbatrice, l'equilibrio precedente sarà prontamente restaurato: l'effetto delle nuove forze essendo quasi obliterato dall'enorme aggregato di forze che l'equilibrio precedente esprime.

§ **71.** Così intesi, i fenomeni di adattamento vengono ad essere in armonia con i primi principii. La conclusione che i tipi organici sono fissi, perchè le deviazioni da essi, che possono essere prodotte entro limiti assegnabili, sono relativamente piccole, e perchè, quando una forza produttrice di deviazione cessa, vi à un ritorno press'a poco allo stato originario, è una conclusione mostrata dai fatti non valida. Senza ammettere la fissità delle specie, troviamo buone ragioni per anticipare quel genere e quel grado di stabilità che infatti si osserva. Troviamo motivi per concludere, *a priori*, che un cambiamento di struttura prodotto da adattamento raggiungerà presto un punto al di là del quale un ulteriore adattamento sarà lento; per concludere che quando la causa modificatrice è stata solo per un breve tempo in azione, la modificazione generata sarà pronta a scomparire; per concludere che una causa modificatrice agente anche per molte generazioni farà ben poco sulla via di alterare permanentemente l'equilibrio organico di una razza; e per concludere che alla cessazione di tale causa, gli effetti di essa non saranno più manifesti nel corso di poche generazioni.

CAPITOLO VI.

Individualità.

§ **72.** Che cosa è un individuo? È una questione alla quale molti lettori penseranno che sia facile rispondere. Pure è una questione che à dato origine a molte controversie tra Zoologi e Botanici, e nessuna soluzione del tutto sodisfacente sembra possibile. Applicata all'uomo, o ad uno qualunque de gli animali più elevati, che sono tutti nettamente definiti e indipendenti, la parola individuo à un significato chiaro: benchè anche qui, quando ci volgiamo dai casi medi ai casi eccezionali — come un vitello con due teste e due paia di gambe anteriori — ci troviamo in dubbio se dobbiamo attribuire una individualità o due. Ma quando estendiamo il nostro campo di osservazione al mondo organico in genere, troviamo che difficoltà affini a questa eccezionale ci si presentano ovunque sotto ogni varietà di forma.

Ciascuna pianta ad asse unico può forse considerarsi giustamente come un individuo distinto; benchè vi siano botanici i quali nè pure questo ammettono. Che cosa, tuttavia, dobbiamo dire di una pianta a molti assi? Si è soliti, in vero, di parlare di un albero con i suoi numerosi rami e germogli come singolo; ma forti ragioni si possono addurre per considerarlo come composto. Ognuno de' suoi assi à una vita più o meno indipendente, e quando è tagliato via e piantato può crescere a somiglianza del suo genitore; e, mediante l'innesto semplice e ad occhio, parti di quest'albero si possono sviluppare sopra un altr'albero, e là manifestare le loro peculiarità specifiche. Considereremo noi tutti gli assi capaci di sviluppo, che in tal guisa risultano da ramoscelli tagliati e innesti e germogli, come parti di un individuo o come individui distinti? Se una pianta di fragola manda fuori prolungamenti che alle loro estre-

mità portano germogli, i quali mettono radice e si sviluppano in piante indipendenti che si separano da quella originaria per l'estinguersi dei prolungamenti, non dobbiamo noi dire ch'esse possiedono individualità separate; e pure se diciamo ciò, non ci sentiamo noi incapaci di dire quando le loro individualità separate furono stabilite, a meno che non ammettiamo che ciascun germoglio era fin dal principio un individuo? Commentando tali perplessità Schleiden dice — « Molto si è scritto e discusso riguardo al concetto dell'individuo, senza tuttavia elucidare l'argomento, principalmente a motivo dell'idea falsa che ancora esiste rispetto alla origine del concetto. Ora l'individuo non è un concetto, ma la mera comprensione subiettiva di un oggetto attuale, presentato a noi sotto qualche concetto specifico dato, e da quest'ultimo soltanto dipende se l'oggetto è o non è un individuo. Sotto il concetto specifico del sistema solare, il nostro è un individuo: in relazione al concetto specifico di un corpo planetario, esso è un aggregato di molti individui »... « Io credo, tuttavia, che guardando ai fatti indubitabili già menzionati, e alle relazioni trattate nel corso di queste considerazioni, apparirà vantaggioso e utile nel massimo grado, da un punto di vista scientifico, considerare la cellula vegetale come il tipo generale della pianta (pianta semplice del primo ordine). Secondo questo concetto, il *Protococcus* e altre piante consistenti di una cellula soltanto, e la spora e il granello di polline, appariranno come individui. Tali individui possono, tuttavia, novamente, con una rinuncia parziale della loro indipendenza individuale, combinarsi sotto leggi definite in forme definite (in una certa guisa come fanno gli animali individuali nel globo del *Volvox globator*) (1). Queste di nuovo appajono empiricamente come esseri individuali, secondo il concetto di una specie (piante semplici del secondo ordine) derivato dalla forma della connessione normale de gl'individui elementari. Ma noi non ci possiamo arrestare qui, poichè la Natura stessa combina questi individui, sotto una forma definita, in associazioni più grandi, donde noi ricaviamo il terzo concetto della pianta, da una connessione per così dire della seconda potenza (piante composte — piante del terz'ordine). La pianta semplice che procede dalla combinazione de gl'individui elementari è chiamata allora una gemma (*gemma*), nella composizione delle piante del terz'ordine ».

---

(1) Se il *Volvox* sia da classificarsi tra gli animali o i vegetali è oggetto di discussione: ma la sua somiglianza con la fase della blastula di molti animali giustifica la pretesa dei zoologi.

Il regno animale presenta ancor più grandi difficoltà. Quando, da parecchi punti sul corpo di un polipo comune, spuntano fuori nuovi polipi i quali, dopo avere acquistato bocche e tentacoli e chiuso le comunicazioni tra i loro stomachi e lo stomaco del genitore, finalmente si separano da questo, noi possiamo propriamente considerarli come individui distinti. Ma quando ne gli affini Idrozoi composti, troviamo che i giovani polipi continuano ad essere permanentemente connessi col genitore; e quando in virtù di questa gemmazione continua si produce tosto un aggregato a forma d'albero, avente un canale alimentare comune in cui si apre la cavità digerente di ciascun polipo, non è più evidente che questi piccoli sacchi, forniti di bocche e di tentacoli, debbano essere singolarmente considerati come individui distinti. Noi non possiamo negare una certa individualità a una colonia di polipi. E scoprendo che alcune delle gemme, invece di svolgersi nella stessa maniera come le altre, sono trasformate in capsule in cui si sviluppano uova — scoprendo che alcuni dei polipi incipienti diventano in tal guisa interamente dipendenti dall'aggregato per la loro nutrizione, e compiono funzioni le quali nulla ànno da fare col loro proprio mantenimento, abbiamo una prova ancor più chiara che le individualità dei membri sono parzialmente sommerse nella individualità del gruppo. Altri organismi, che appartengono al medesimo ordine, manifestano ancor più decisamente questa transizione da individualità semplici a una individualità complessa. Nel *Diphyes* vi à una modificazione speciale di uno o più membri della colonia in un apparato di nuoto che, mediante le sue contrazioni ritmiche, si spinge attraverso l'acqua, traendo la colonia dopo di sè. E nella *Physalia* più differenziata, vari organi risultano dalla metamorfosi di parti che sono gli omologhi di polipi individuali. In quest'ultimo caso, l'individualità dell'aggregato è così predominante che le individualità de' suoi membri sono praticamente perdute. Questa combinazione di più individualità in modo tale da produrre un individuo composto, ci si presenta sotto altre forme tra le ascidie. Mentre in alcune di queste, come nella *Clavelina* e nelle *Botryllidae*, gli animali associati non sono che poco subordinati alla comunità che essi formano, in altre essi sono combinati in modo da formare un individuo composto. Ne è un esempio il *Doliolum*, ascidia che vive nelle profondità del mare. «Qui troviamo un grosso individuo il quale nuota mediante le contrazioni di cinture muscolari circolari, e trasporta un treno d'individui più piccoli attaccati a un lungo processo dorsale del rivestimento esterno. Questi sono disposti in tre serie; quelli costituenti la serie laterale ànno bocche ampie e non

ànno organi sessuali o organi di locomozione — essi servono alla nutrizione della colonia, una verità la quale è illustrata dal fatto che non appena essi sono propriamente sviluppati, il grosso individuo (la madre) perde il suo carattere alimentare »; mentre dalla serie mediana derivano da ultimo gli individui sessuali.

Secondo l'ipotesi dell'Evoluzione, difficoltà di questa natura sono precisamente tali quali noi potremmo prevedere. Se la vita in generale cominciò con forme minute e semplici, simili a quelle da cui ora traggono origine tutti gli organismi, per quanto complessi; e se le transizioni da queste unità primordiali a organismi costituiti di gruppi di tali unità, e a organismi più elevati costituiti di gruppi di tali gruppi, ebbero luogo per gradi; è chiaro che le individualità del primo e più semplice ordine si confonderebbero gradatamente in quelle di un ordine più grande e più complesso, e queste ancora in altre di un ordine avente un volume e una organizzazione ancor più grande. Quindi sarebbe impossibile dire dove cessarono le individualità inferiori e cominciarono le più elevate.

§ **73.** Per risolvere queste difficoltà, si è proposto di considerare l'intero prodotto di un singolo germe fecondato come un singolo individuo; tanto nel caso che questo intero prodotto sia organizzato in un'unica massa, quanto nel caso ch'esso sia organizzato in molte masse che sono parzialmente o completamente separate. Si sostiene che l'essere lo sviluppo del germe fecondato continuo o discontinuo (§ 50) è una questione d'importanza secondaria; che la totalità del tessuto vivente, a cui il germe fecondato dà origine in un qualsiasi caso, è l'equivalente della totalità a cui esso dà origine in un altro caso qualunque; e che noi dobbiamo riconoscere questa equivalenza, sia che tale totalità del tessuto vivente prenda una disposizione concreta o una disposizione discreta. In conformità di questa opinione, un individuo zoologico è costituito o da un animale singolo come un mammifero o un uccello, che può propriamente pretendere al titolo di *zoon*, o da un gruppo di animali come le numerose *Medusae* che si sono sviluppate dal medesimo uovo, i quali ànno da essere singolarmente distinti come *zooidi*.

Ammettendo esser cosa assai desiderabile che vi siano parole per esprimere queste relazioni e questa equivalenza, si può obiettare che applicare la parola individuo a un numero di corpi viventi separati è inopportuno: essendo ciò così contrario al concetto ordinario che questa parola risveglia nella mente. Sembra un uso discutibile del linguaggio il dire che le innumerevoli masse di *Anacharis Alsinastrum* (ora *Eloidea*

Canadensis), che, durante questi ultimi anni, si sono sviluppate nei nostri fiumi, canali e pantani, siano tutte parti di un unico individuo: e pure siccome tale pianta non fa seme in Inghilterra, queste innumerevoli masse, che sono sorte per sviluppo discontinuo, devono essere così considerate se accettiamo la definizione precedente.

Si può sostenere, pure, che mentre esso fa violenza alla nostra maniera stabilita di pensare, questo modo d'interpretare i fatti non è senza le sue difficoltà. Qualche cosa sembra che si guadagni col restringere l'applicazione del titolo individuo a organismi i quali, essendo sotto tutti gli aspetti pienamente sviluppati, possiedono il potere di produrre la loro specie secondo il metodo sessuale ordinario, e negando questo titolo a quegli organismi incompleti che non ànno tale potere. Ma la definizione non stabilisce realmente questa distinzione per noi. Da un lato, abbiamo casi in cui, come nell'ape operaja, l'intero prodotto del germe è aggregato in un singolo organismo; e pure, benchè sia un individuo secondo la definizione, quest'organismo non à alcun potere di riprodurre la sua specie. Dall'altro lato, abbiamo casi simili a quello dell'*Aphis* perfetto, dove l'organismo non è che una parte infinitesimale del prodotto del germe, e tuttavia à quella completezza che è richiesta per la riproduzione sessuale. Inoltre, si potrebbe argomentare con qualche apparenza di ragione, che se il concetto della individualità implica il concetto di completezza, allora, un organismo il quale possiede un potere indipendente di riprodurre sè stesso, essendo più completo di un organismo in cui questo potere dipende dall'ajuto di un altro organismo, è più individuale.

§ **74.** In vero, come si è già implicitamente affermato, non vi è alcuna definizione della individualità la quale non sia esposta a obiezioni. Tutto quello che noi possiamo fare è di stabilire il migliore compromesso possibile.

Applicata a un oggetto animato o inanimato, la parola individuo ordinariamente esprime unione tra le parti dell'oggetto e separazione da altri oggetti. Nell'applicazione biologica della parola noi non possiamo propriamente ignorare questo elemento fondamentale nel concetto della individualità. Ciò che noi chiamiamo una pianta o un animale individuale deve, per ciò, essere qualche tutto concreto e non un tutto discreto. Se, tuttavia, diciamo che ciascun tutto vivente concreto è da considerarsi come un individuo, ci si presenta ancora la questione — che cosa costituisce un tutto vivente concreto? Un giovane organismo, che

sorge per gemmazione interna o esterna da un organismo genitore, passa gradatamente da uno stato in cui esso è una parte indistinguibile dell'organismo genitore, a uno stato in cui esso è un organismo separato di struttura simile a quella del genitore. In quale fase diventa esso un individuo? E se la sua individualità sia concessa soltanto quando esso si separa completamente dal genitore, dobbiamo noi negare l'individualità a tutti gli organismi in tal guisa prodotti, che permanentemente mantengono le loro connessioni con i loro genitori? O ancora, che cosa dobbiamo noi dire dell'*Hectocotylus*, il quale è un braccio del Calamaro che va soggetto a uno sviluppo speciale e poi, distaccandosi, vive indipendentemente per un periodo considerevole? E che cosa dobbiamo noi dire della larva del Nemertino, il cui involucro (*pilidium*) col suo sistema nervoso rimane solo a muoversi qua e là per un poco dopo che il verme in via di sviluppo ne è uscito fuori?

Per rispondere a tali questioni dobbiamo tornare alla definizione della Vita. La distinzione tra l'individuo nel suo senso biologico, e l'individuo nel suo senso più generale, deve consistere nella manifestazione della Vita, propriamente così detta. Abbiamo visto che la Vita è « la combinazione definita di cambiamenti eterogenei, simultanei e successivi, in corrispondenza con le coesistenze e sequenze esterne ». Quindi, un individuo biologico è un tutto concreto qualunque avente una struttura la quale lo pone in grado, quando sia posto in condizioni opportune, di adattare continuamente le sue relazioni interne alle esterne, in modo da mantenere l'equilibrio delle sue funzioni. In conformità di questo concetto, dobbiamo considerare come individui tutte quelle masse organizzate interamente o parzialmente indipendenti, che sorgono per sviluppo continuo o discontinuo intorno a molti centri e a molti assi (§ 50). Noi dobbiamo accordare il titolo ad ogni afido separato, ad ogni polipo di una colonia di polipi, ad ogni gemma o germoglio di una pianta che porta fiori, sia che si distacchi come un piccolo bulbo o rimanga attaccato come un ramo.

Così interpretando i fatti noi non evitiamo, in vero, tutte le anomalie. Mentre tra le piante che portano fiori la facoltà di crescere e di svilupparsi indipendentemente è per solito posseduta soltanto dai germogli o assi, pure, in alcuni casi, come in quello della foglia di Begonia più addietro ricordato, l'appendice di un asse, o anche un piccolo frammento di tale appendice, è capace di iniziare e proseguire le funzioni della vita; e in altri casi, come à mostrato il Naudin nella *Drosera intermedia*, giovani piante si sviluppano qualche volta dalle superficie

delle foglie. Nè in certe forme, come gl'Idrozoi composti, la definizione ci pone in grado di decidere dove si debba tirare la linea tra l'individualità del gruppo e le individualità dei membri: confondendosi esse tra loro in gradi differenti. Ma, come prima si è detto, tali difficoltà devono necessariamente presentarsi, se le forme organiche sono sorte per gradazioni insensibili. Noi dobbiamo contentarci di una soluzione la quale ci conduce al più piccolo numero d'incongruenze; e questa soluzione è di considerare come un individuo qualunque massa organizzata capace di proseguire in modo indipendente quel continuo adattamento delle relazioni interne alle esterne che costituisce la Vita.

CAPITOLO VI *A*.

Vita e moltiplicazione delle cellule.

§ **74** *a*. Il progresso della scienza è simultaneamente verso la semplificazione e verso la complicazione. L'analisi semplifica le concezioni di essa col risolvere i fenomeni nei loro fattori, e col mostrare poi come ciascun semplice modo di azione può essere rintracciato sotto molteplici forme; mentre, allo stesso tempo, la sintesi mostra come ciascun fattore, mediante la cooperazione con vari altri fattori in modi e gradi infiniti, produce differenti risultati innumerabili nelle loro somme e varietà. Naturalmente questa verità vale tanto per i processi quanto per i prodotti. L'osservazione e l'aggruppamento in classi rendono chiaro che attraverso molteplici cose superficialmente dissimili si manifestano gli stessi caratteri fondamentali di struttura; mentre, accanto a queste maggiori unità, l'esame rivela innumerevoli diversità minori.

Una verità concomitante, o la stessa verità sotto un altro aspetto, è che la Natura ovunque ci offre complessità entro complessità, le quali vanno rivelandosi a misura che noi investighiamo oggetti sempre più piccoli. In un capitolo precedente (§§ 54 *a*, 54 *b*) fu fatto notare che ciascun organismo primitivo, in comune con ciascuna delle unità di cui sono costruiti gli organismi più elevati e più grossi, consiste, secondo la scoperta fatta una generazione addietro, di nucleo, di protoplasma, e di parete cellulare. Questo concetto generale di una cellula rimase per un certo tempo il risultato delle indagini; ma col progresso della microscopia divenne manifesto che entro queste strutture minute si possono vedere processi e prodotti di una natura sorprendente. Questi noi abbiamo ora da considerare.

Nei passi or ora ricordati si disse che lo strato esterno o parete cellulare è una parte non essenziale, inanimata, prodotta dal contenuto animato. Essa stessa, essendo un prodotto dell'azione del protoplasma,

non à alcun ufficio nei cambiamenti protoplasmici, e può per ciò essere qui ignorata.

§ **74** *b*. Una delle complessità esistenti entro altre complessità fu scoperta, quando si trovò che il protoplasma stesso à una struttura complicata. Differenti osservatori l'ànno descritto come costituito da una rete o reticolo, da una formazione spugnosa, da una formazione a guisa di schiuma. Di queste descrizioni la prima può essere respinta; poichè essa implica una struttura giacente in un piano. Se accettiamo la seconda, abbiamo da concepire i fili di protoplasma, corrispondenti alle fibre della spugna, come se lasciassero interstizi riempiti di liquido o di solido. Essi non possono essere pieni di un solido continuo, poichè ogni moto del protoplasma sarebbe escluso; e che il loro contenuto non è liquido sembra dimostrato dal fatto che le sue parti si muovono qua e là sotto la forma di granelli o microsomi. Ma il concetto di granelli moventisi implica il concetto d'immersione in una sostanza liquida o semiliquida in cui essi si muovono — non una formazione spugnosa di filamenti ma una formazione a guisa di schiuma, consistente ovunque di setti interposti tra i granelli. Questa è l'ipotesi che parecchi microscopisti accettano, e che sembra meccanicamente la più plausibile: l'unica che si accordi con lo « scorrere » del protoplasma. Ordinariamente il nome protoplasma si applica alla massa aggregata — la sostanza semi-liquida, jalina e i granelli o microsomi ch'essa contiene.

Che cosa siano questi granelli o microsomi — se essi siano, come alcuni ànno sostenuto, gli elementi viventi essenziali del protoplasma, o se siano, come si sostiene altrimenti, particelle nutritive, è questione per ora non decisa. Ma il fatto, addotto da parecchi osservatori, che i microsomi formano spesso delle file, tenute insieme da una sostanza frapposta, sembra implicare che questi corpi minuti non siano inerti. Lasciando da parte questioni non risolute, tuttavia, un fatto d'importanza è manifesto — una immensa moltiplicazione di superficie sulle quali può aver luogo l'azione reciproca. Chiunque lasci cadere in acido solforico diluito un piccolo chiodo e poi lasci cadere un pizzico di limatura di ferro, vedrà in modo evidente, per la rapida scomparsa dell'ultima e la lunga continuazione del primo, come l'aumentare le superficie mediante la moltiplicazione dei frammenti faciliti di molto il cambiamento. L'effetto della suddivisione, nel produrre un'ampia area in un piccolo spazio, è mostrato nei polmoni, dove le cellule dell'aria, dai lati delle quali si ramificano i vasi sanguigni, sono meno di $^{1}/_{100}$ di pol-

lice in diametro, mentre esse arrivano al numero di 700.000.000. Nella composizione di ogni tessuto vediamo lo stesso principio. La parte vivente, o protoplasma, si divide in protoplasti innumerevoli, tra i quali sono distribuiti i materiali e gli agenti che producono le trasformazioni. E ora troviamo questo principio applicato ancor più profondamente nella struttura del protoplasma stesso. Ciascuna porzione microscopica di esso è minutamente divisa in modi tali che i suoi filamenti o setti ànno numerosi contatti con quelle porzioni incluse di materia che prendono parte nelle sue attività.

Riguardo al protoplasma contenuto in ciascuna cellula, chiamato da alcuni citoplasma, rimane da dire che esso racchiude sempre un piccolo corpo detto il centrosoma, il quale sembra avere una funzione direttiva. Per solito il centrosoma giace al di fuori del nucleo, ma affermasi che qualche volta sia entro di esso. Durante quella che si chiama la « fase di riposo », o che potrebbe più propriamente chiamarsi la fase di sviluppo (poichè evidentemente le divisioni occasionali implicano che ne gl'intervalli tra esse vi è stato aumento), il centrosoma rimane quiescente, salvo per il fatto ch'esso esercita qualche influenza coattiva sul protoplasma all'intorno. Questo risulta nelle linee radialmente disposte costituenti un « astro ». Quale sia la natura della coazione esercitata dal centrosoma — un corpo che appena si distingue per la grossezza dai microsomi o granelli di protoplasma all'intorno — non è noto. Difficilmente può essere una forza repulsiva; poichè, in una sostanza di natura liquida o semi-liquida, questa non potrebbe produrre linee approssimativamente rette. Ch'essa sia una forza attrattiva sembra più probabile; e la natura dell'attrazione sarebbe comprensibile, se il centrosoma aumentasse di volume con rapidità. Infatti se l'integrazione progredisse, l'attirare in dentro i materiali potrebbe ben produrre linee convergenti. Ma questa difficilmente sembra una interpretazione accettabile; poichè, durante la così detta « fase di riposo », questa struttura stellare esiste — esiste, cioè, mentre non à luogo alcun accrescimento attivo del centrosoma.

Rispetto a questo piccolo corpo abbiamo inoltre da notare che, al pari della cellula come un tutto, esso si moltiplica per scissione, e che lo sdoppiamento di esso termina la fase di riposo o di accrescimento e inizia quei processi complicati per cui da una cellula due ne sono prodotte: poichè il primo passo che tien dietro alla scissione è il movimento delle metà, con i loro rispettivi astri completati, ai lati opposti del nucleo.

§ **74** *c*. Insieme con la ipotesi, ora generale, che il nucleo o nocciolo di una cellula sia la sua parte essenziale, è venuto acquistando terreno abbastanza naturalmente il dogma ch'esso sia sempre presente; ma vi à ragione per credere che le prove siano alquanto sforzate per giustificare questo dogma.

In primo luogo, oltre i casi in cui si dice che il nucleo, benchè ordinariamente invisibile, è stato reso visibile da un reagente, vi sono casi, come nella già ricordata *Archerina*, dove nessun reagente rende visibile un qualche nucleo. In secondo luogo, vi è il fatto ammesso che alcuni nuclei sono diffusi; come nella *Trachelocerca* e certi altri Infusorii. In essi si suppone che i numerosi granelli dispersi costituiscano un nucleo: una interpretazione evidentemente determinata dal desiderio di salvare la generalizzazione. In terzo luogo, il nucleo è frequentemente multiplo nei tipi bassi di cellule; come in alcune famiglie di Alghe e prevalentemente tra i Funghi. In fine, il così detto nucleo consiste qualche volta in una struttura ramificata che malamente può chiamarsi un « nocciolo ».

I fatti così raggruppati inducono a credere che il nucleo sia sorto in conformità della legge di evoluzione — che il protoplasta primitivo, benchè non omogeneo nel pieno senso della parola, fosse omogeneo nel senso di essere un protoplasma uniformemente granulare; e che i protoplasti con nuclei diffusi, insieme con quelli che sono più volte nucleati, e quelli che ànno nuclei di una forma ramificata, rappresentano fasi in quel processo per cui il protoplasta relativamente omogeneo si trasformò in quello relativamente eterogeneo ora quasi universale.

Riguardo alla struttura e alla composizione del nucleo sviluppato, il fatto primario da menzionarsi è che, al pari del citoplasma granulare circostante, esso è formato di due elementi distinti. Esso à una base o matrice (*paralinina*) che non differisce molto da quella del citoplasma, con la quale in alcuni periodi offre continuità; e immersa in questa matrice esso à una materia speciale detta *cromatina*, che si distingue dalla sua matrice col diventare più o meno profondamente colorata quando è esposta a reagenti adatti. Durante la « fase di riposo », o periodo di sviluppo e attività, che viene tra periodi di divisione, la cromatina è dispersa attraverso tutta la sostanza fondamentale, o in porzioni distinte o in guisa tale da formare una rete irregolare o formazione spugnosa, variabile nell'apparenza. Quando si viene avvicinando il tempo della scissione questa cromatina dispersa comincia a raccogliersi insieme: raggiungendo la sua definitiva concentrazione attraverso diversi stadi. Me-

diante la sua concentrazione sono prodotti i *cromosomi*, costanti di numero in ciascuna specie di pianta o animale. Si afferma che la sostanza dei cromosomi non è continua, ma consiste di elementi separati o granuli, che sono stati chiamati cariosomi; e si afferma altresì che, sia nella forma dispersa o quella integrata, ciascun cromosoma conserva la sua individualità — che i cariosomi che lo compongono, ora estendendosi a guisa di rete e ora unendosi in un corpo a forma di verme, formano un gruppo che non perde mai la sua identità. Comunque ciò sia, tuttavia, il fatto essenziale è che durante il periodo di accrescimento la cromatina è ampiamente distribuita, e la concentrazione di essa è uno dei passi principali verso una divisione del nucleo e tosto della cellula.

Durante il processo di mitosi o cariocinesi, la cromatina dispersa essendo passata attraverso la fase di gomitolo (*spirema*), raggiunge tosto la fase stellare (*astro*), in cui i cromosomi sono simmetricamente disposti intorno al piano equatoriale del nucleo. Intanto in ciascuno di essi vi è stata una preparazione per scindersi longitudinalmente in modo tale che le metà quando sono separate contengono (o si suppone che contengano) numeri eguali di granuli o cariosomi, che taluni credono siano le unità morfologiche ultime dei cromosomi. È avvenuto un cambiamento simultaneo: vi è stata in corso di formazione una struttura conosciuta col nome di *anfiastro*. I due centrosomi che, come si è detto prima, si collocano ai lati opposti del nucleo, diventano i poli terminali di una disposizione delle fibre a guisa di fuso, la quale sorge principalmente dalla base del nucleo, ora collegata con la base del citoplasma. Si può formare un concetto di questa struttura supponendo che le fibre irradianti de gli astri rispettivi, incontrandosi l'una con l'altra e unendosi nello spazio intermedio, esercitino in seguito a ciò una forza di trazione; poichè è chiaro che, mentre le fibre centrali del fascio formeranno linee rette, quelle esterne, spingendosi tra loro non in linee rette, formeranno linee curve, diventando più pronunciate nelle loro curvature a misura che cresce la distanza dall'asse. Che una forza di trazione sia in opera sembra potersi inferire da i risultati. Poichè le metà separate dei cromosomi scissi in due, che ora formano gruppi ai due lati del piano equatoriale, gradatamente si allontanano tra loro, e sono apparentemente attirate come gruppi verso i centrosomi opposti. A misura che questo cambiamento progredisce, il nucleo originario perde la sua individualità. I nuovi cromosomi, le metà dei cromosomi precedenti, si concentrano per fondare due nuovi nuclei; e, in virtù di una specie di regressione delle fasi sopra descritte, la cromatina diventa dispersa attraverso la

sostanza di ciascun nuovo nucleo. Mentre ciò avviene, la cellula stessa, essendo soggetta a una pressione intorno al suo equatore si divide in due.

Molte parti di questo processo complesso sono ancora imperfettamente comprese, e corrono varie opinioni riguardo ad esse. Ma il fatto essenziale è che questa sostanza peculiare, la cromatina, che in altri tempi esiste dispersa, si raccoglie insieme all'avvicinarsi della divisione, ed è distribuita in modo tale da assicurare manifestamente che eguali quantità siano trasmesse dalla madre-cellula alle due cellule-figlie.

§ **74** *d*. Qual'è l'interpretazione fisiologica di queste strutture e di questi cambiamenti? Quale funzione adempie il nucleo; e, più specialmente, qual'è la funzione adempita dalla cromatina? A tali questioni si sono date parecchie risposte speculative.

Alla teoria seguìta da alcuni, che il nucleo sia l'organo regolatore della cellula, si oppongono difficoltà. Una di esse è che, come fu fatto notare nel capitolo sulla « Struttura », il nucleo, benchè morfologicamente centrale, non è centrale geometricamente considerato; e che la sua posizione, spesso vicina ad alcune parti della periferia e lontana da altre, quasi di per sè stessa esclude la conclusione che la sua funzione sia direttiva nel senso ordinario della parola. Esso non potrebbe ben governare il citoplasma ne gli stessi modi in tutte le direzioni e a distanze differenti. Un'altra difficoltà è che il citoplasma, quando è privato del suo nucleo, può eseguire per qualche tempo varie delle sue azioni, benchè da ultimo esso muoia senza riprodursi.

In favore della ipotesi che il nucleo sia un veicolo per trasmettere i caratteri ereditari, le prove sembrano forti. Quando fu dimostrato che il capo di uno spermatozoo è semplicemente un nucleo distaccato, e che la sua fusione col nucleo di un ovo è il processo essenziale che inizia lo sviluppo di un nuovo organismo, la legittima inferenza apparve essere che questi due nuclei portino rispettivamente le caratteristiche paterne e materne che sono mescolate nella prole. E quando si venne a scoprire la cariocinesi per cui la cromatina, durante la scissione della cellula, è esattamente dimezzata tra i nuclei delle cellule-figlie, si trasse la conclusione che la cromatina sia più specialmente l'agente dell'ereditarietà. Ma benchè, presi per sè soli, i fenomeni della fecondazione sembrino giustificare tale conclusione, essa non sembra che si accordi con i fenomeni della ordinaria moltiplicazione delle cellule — fenomeni che nulla ànno da fare con la fecondazione e la trasmissione dei caratteri ere-

ditari. Non si dà alcuna spiegazione del fatto che la moltiplicazione ordinaria delle cellule offre un processo elaborato per il dimezzamento esatto della cromatina. Perchè dovrebbe questa sostanza essere così accuratamente divisa tra le cellule di tessuti che non sono nè pur lontanamente interessati nella propagazione della specie? Ove si dica che il fine conseguito è la trasmissione delle qualità paterne e materne in gradi eguali a ogni tessuto, allora si risponde ch'esse non sembrano essere trasmesse in gradi eguali. Nella prole non vi à una diffusione uniforme delle due serie di caratteri attraverso tutte le parti, ma una mescolanza irregolare di caratteri dell'una con caratteri dell'altra.

In presenza di queste due ipotesi suggerite e di queste difficoltà rispettive, non possiamo noi sospettare che l'azione della cromatina sia tale che in un certo modo adempie ambedue le funzioni? Consideriamo quale azione possa far ciò.

§ **74** e. La composizione chimica della cromatina è altamente complessa, e la sua complessità, indipendentemente da altri caratteri, implica una relativa instabilità. Ciò è ulteriormente presupposto dalla natura speciale dei componenti di essa. Varie analisi ànno dimostrato che essa consiste di un acido organico (che è stato chiamato acido nucleico), ricco di fosforo, combinato con una sostanza albuminosa: probabilmente una combinazione di vari proteidi. E le prove, come sono state riassunte dal Wilson, sembrano mostrare che dove la proporzione dell'acido fosforizzato è alta, l'attività della sostanza è grande, come nelle teste de gli spermatozoi; mentre, al contrario, dove la quantità di fosforo è relativamente piccola, la sostanza si approssima nel carattere al citoplasma. Ora (al pari dello zolfo, presente nella base albuminoide), il fosforo è un elemento il quale, oltre ad avere diverse forme allotropiche, à una grande affinità per l'ossigeno; e un composto organico in cui esso entra, oltre alla instabilità altrimenti prodotta, à una instabilità speciale prodotta dalla sua presenza. La tendenza a subire cambiamenti sarà perciò grande quando la proporzione del componente fosforizzato è grande. Di qui l'affermazione che le «differenze chimiche tra la cromatina e il citoplasma, per quanto siano sorprendenti e costanti, sono soltanto differenze di grado»; e la conclusione che l'attività della cromatina è specialmente associata col fosforo (1).

(1) Mentre la prova di stampa era nelle mie mani, fu pubblicato nello *Science Progress* un saggio del Dr. T. G. Brodie sopra «Le Sostanze della Cellula contenenti Fosforo».

Quali, ora, sono le conseguenze? L'agitazione molecolare risulta dalla decomposizione di ciascuna molecola fosforizzata: le scosse sono continuamente propagate all'intorno. Dalla cromatina, le unità della quale vanno in tal guisa cadendo sempre in stati più stabili, vanno sempre diffondendosi onde di moto molecolare, che suscitano cambiamenti molecolari nel citoplasma. La cromatina sta verso l'altro contenuto della cellula nella stessa relazione in cui un elemento nervoso sta con qualsiasi elemento di un organismo che esso eccita: una interpretazione la quale armonizza col fatto che la cromatina è tanto vicina quanto la terminazione di un nervo, e in vero più vicina di questa, a qualunque piccola struttura stimolata da essa.

Si possono menzionare parecchi fatti che confermano ciò. Durante gl'intervalli tra le scissioni delle cellule, quando l'accrescimento e le solite attività cellulari vanno procedendo, la cromatina è dispersa attraverso tutto il nucleo in una rete irregolare: in tal guisa aumentando grandemente la superficie di contatto tra la sua sostanza e le sostanze in cui essa è inserita. Come è stato osservato, quest'ampia distribuzione promuove il metabolismo — un metabolismo il quale in questo caso à, come noi inferiamo, la funzione di generare non materie speciali ma moti speciali. Di più precisamente come l'onda di perturbamento che un nervo trasporta produce un effetto il quale è determinato, non da qualche cosa che sia peculiare in sè stessa, ma dalla natura peculiare dell'organo a cui essa è trasportata — muscolare, glandulare o altro; così qui le onde diffuse dalla cromatina non determinano la specie dei cambiamenti nel citoplasma, ma semplicemente lo eccitano: poichè le sue attività particolari, sia di movimento, di assorbimento, o di escrezione strutturale, sono determinate dalla sua costituzione. E poi, inoltre, osserviamo un parallelismo tra i cambiamenti metabolici nei due casi; poichè, da un lato, «la diminuzione della capacità colorante della cromatina (che implica una diminuita somma di fosforo, il quale dà la capacità colorante) si verifica durante un periodo d'intensa attività costruttiva nel cito-

In questo saggio si fa notare che «l'acido nucleico è particolarmente caratterizzato dalla sua instabilità... Nel processo di purificazione esso è estremamente soggetto a decomposizione, col risultato ch'esso perde una parte considerevole del suo fosforo. In secondo luogo esso con la massima facilità si divide in un'altra maniera in cui perde una parte considerevole del suo nitrogeno. Per evitare quest'ultima sorgente di errore, egli (Miescher), trovò che era necessario tenere la temperatura di tutte le soluzioni abbassata a 0° C., per tutto il tempo della preparazione». Questi fatti tendono fortemente a confermare l'ipotesi che il nucleo sia una sorgente di perpetuo perturbamento molecolare — non un centro regolatore, ma un centro stimolatore.

plasma »; e da l'altro lato, ne gli organismi elevati aventi un sistema nervoso, l'intensità dell'azione nervosa è misurata dalla escrezione di fosfati — dal consumo del fosforo contenuto nelle cellule nervose.

Per interpretare così le rispettive funzioni della cromatina e del citoplasma, si può dare un'altra ragione ancora. Uno dei primissimi passi generali nella evoluzione dei Metazoi è la differenziazione delle parti che agiscono dalle parti che le fanno agire. Gli Idrozoi ci mostrano ciò. Nella fase idroide non vi sono organi contrattili specializzati: questi non sono che incipienti: le cellule individuali dell'ectoderma ànno processi muscolari. Nè vi è alcuna « aggregazione speciale di cellule nervose ». Se esistono unità stimolanti, esse sono sparse qua e là. Ma nella fase della Medusa la materia nervosa è raccolta in un anello intorno all'orlo dell'ombrello. Ciò è a dire, nella forma non sviluppata quel-l'azione motrice che à luogo non è compiuta da una parte specializzata che ecciti un'altra parte; ma nella forma sviluppata è avvenuta una differenziazione delle due parti. Tutti i tipi più elevati offrono questa differenziazione. Sia esso muscolo o glandula o altro organo operante, la causa della sua attività non giace in se stesso ma in un agente nervoso, locale o centrale, con cui esso è connesso. Per ciò, dunque, vi à accordo tra l'interpretazione precedente e certe verità generali presentate dalla organizzazione animale in genere. Noi possiamo inferire che in un modo parallelo a quello or ora indicato, l'evoluzione della cellula fu, sotto uno de' suoi aspetti, un cambiamento da una fase in cui la sostanza eccitante e la sostanza eccitata erano mescolate con uniformità approssimativa, a una fase in cui la sostanza eccitante si raccolse insieme nel nucleo e finalmente nei cromosomi: lasciando indietro la sostanza eccitata, che ora si distingue col nome di citoplasma.

§ **74** *f*. Alcuni altri aspetti generali dei fenomeni sembrano essere in armonia con questa interpretazione. Diamo uno sguardo ad essi.

Nei capitoli III e III *A* della Prima Parte, si diedero ragioni per concludere che nell'organismo animale le sostanze azotate rappresentano di fronte a gl'idrati di carbonio la parte di agenti decompositori — che il perturbamento molecolare suscitato dallo sciogliersi di una molecola di proteide distrugge l'equilibrio di parecchie molecole adiacenti d'idrato di carbonio, e cagiona quella evoluzione di energia che accompagna la loro caduta in molecole di composti più semplici. Qui, se l'argomento precedente è valido, possiamo concludere che questo composto fosforizzato altamente complesso, che la cromatina contiene, rappresenta di

fronte a gli adiacenti composti azotati la stessa parte che questi rappresentano di fronte a gl'idrati di carbonio. Se così è, noi vediamo sorgere in una fase anteriore quel « metodo fisiologico generale » illustrato nel § 23 f. Fu là fatto notare che ne gli organismi animali le varie strutture sono così disposte che lo sviluppo di una piccola somma di energia in una di esse suscita lo sviluppo di una più grande somma di energia in un'altra; e spesso questa energia moltiplicata è soggetta ad una seconda moltiplicazione di simil genere. Se questa opinione è accettabile, noi possiamo ora supporre che questo metodo manifestato nelle strutture dei Metazoi fu iniziato nelle strutture dei Protozoi, e caratterizza per conseguenza quegli omologhi di essi che compongono i Metazoi.

Quando sia considerata dal punto di vista suggerito, la cariocinesi appare non essere interamente incomprensibile. Infatti se la cromatina offre l'energia che inizia i cambiamenti in tutto il resto della cellula, noi possiamo vedere perchè sorga eventualmente un processo per dimezzare esattamente la cromatina di una cellula madre tra le due cellule figlie. Per far chiara la ragione, supponiamo che la partizione della cromatina lasci una delle due con una somma sensibilmente più piccola che l'altra. Che cosa deve risultare? Siccome la sorgente della sua attività è relativamente minore, il suo grado di accrescimento e la sua energia di azione saranno minori. Se si tratta di un protozoo, la più debole progenie sorgente per divisione di esso darà origine a una stirpe inferiore, incapace di competere con fortuna con quella che sorgerà dalla cellula sorella fornita di una maggiore porzione di cromatina. Mediante la continua eliminazione delle varietà che producono un dimezzamento ineguale, che necessariamente si trovano in uno stato svantaggioso se una metà dei loro membri tende continuamente a scomparire, si stabilirà una varietà in cui il dimezzamento è esatto: il carattere di questa varietà essendo tale che tutti i suoi membri ajutano la moltiplicazione permanente della specie. Se, ancora, il caso è quello di un metazoo, vi sarà il medesimo risultato eventuale. Un animale o una pianta, in cui la cromatina è inegualmente divisa tra le cellule, deve avere tessuti di formazione incerta. Si ammetta che un organo si è conformato, in virtù della sopravvivenza del più adatto, a una data funzione nelle proporzioni e qualità delle sue parti. Se i protoplasmi moltiplicantisi, invece di prendere porzioni eguali di cromatina, ànno alcuni di essi porzioni più piccole, le parti dell'organo formate di questi, sviluppandosi meno rapidamente e avendo energie inferiori, getteranno l'organo fuori di adattamento, e l'individuo soffrirà nella lotta per la vita. Ciò è a dire, la divisione irregolare della croma-

tina introdurrà un fattore perturbatore, e la selezione naturale estirperà gli individui in cui essa si verifica. Naturalmente nessuna interpretazione si dà in tal guisa del processo speciale conosciuto col nome di cariocinesi. Probabilmente altri modi di divisione eguale avrebbero potuto sorgere. Qui l'argomento implica meramente che la tendenza dell'evoluzione è di stabilire *qualche* modo. Come verificazione della dottrina che la divisione eguale sorge dalla causa menzionata, mi si fa osservare che l'amitosi, la quale è una negazione della mitosi o cariocinesi, à luogo in tessuti transitorii o tessuti ammalati o dove vi à un processo di degenerazione.

Ma come si accorda tutto ciò con la conclusione che la cromatina trasmette caratteri ereditari — ch'essa è il veicolo in cui è rappresentata la struttura costituzionale, primieramente della specie e secondariamente de gli antenati recenti e dei genitori? A tale questione sembra che non vi sia alcuna risposta definita. Noi possiamo dire soltanto che questa seconda funzione non è necessariamente in conflitto con la prima. Mentre le unità instabili della cromatina, sempre soggette a cambiamenti, diffondono l'energia all'intorno, esse possono altresì essere unità le quali, sotto le condizioni fornite dalla fecondazione, gravitano verso l'organizzazione della specie. Può darsi che la combinazione complessa di proteidi, comune alla cromatina e al citoplasma, sia quella parte in cui sono inerenti i caratteri costituzionali; mentre il componente fosforizzato, cadendo dalla sua unione instabile e decomponendosi, svolge energia la quale, ordinariamente causa dei cambiamenti, ora eccita i cambiamenti più attivi che tengono dietro alla fecondazione. Questa ipotesi armonizza col fatto che la sostanza fecondante che ne gli animali costituisce la testa dello spermatozoo, e nelle piante quella dello anterozoo, si distingue da gli altri agenti interessati per avere la più alta proporzione dell'elemento fosforizzato; ed essa armonizza altresì col fatto che i cambiamenti estremamente attivi suscitati dalla fecondazione sono accompagnati da una diminuzione di questo elemento fosforizzato. Lasciando da parte la speculazione, tuttavia, possiamo dire che le due funzioni della cromatina non si escludono l'una l'altra, ma che l'attività generale che trae origine da essa può essere soltanto una fase più bassa di quell'attività speciale prodotta dalla fecondazione (1).

(1) Scrivendo questo paragrafo, mi sono ricordato di certe vedute affini che io mi avventurai a suggerire quasi 50 anni or sono. Esse sono contenute nella *Westminster Review* dell'aprile 1852 in un articolo intitolato: « Una teoria della Popolazione dedotta dalla Legge Generale della Fecondità Animale ». Là si mette avanti l'ipotesi che lo « spermatozoo sia essenzialmente un elemento neurale, e l'ovo essenzialmente un ele-

§ **74** *g*. Qui veniamo senz'avvedercene al resto dell'argomento compreso sotto il titolo « Vita e Moltiplicazione delle Cellule ». Noi passiamo naturalmente dalla moltiplicazione asessuale delle cellule alla moltiplicazione sessuale — dalla riproduzione delle cellule alla generazione delle cellule. I fenomeni sono così numerosi e così varii che una grande parte di essi devono essere trascurati. La coniugazione nei Protofiti e nei Protozoi, cominciando con casi in cui vi à una mescolanza del contenuto di due cellule che non differiscono sotto alcun aspetto visibile l'una dall'altra, e sviluppandosi in una grande varietà di processi in cui esse differiscono, dev'essere lasciata da parte, e devesi limitare l'attenzione al processo terminale della fecondazione, quale si manifesta nei tipi più elevati di organismi.

Prima della fecondazione avviene nell'uovo un processo incidentale di una natura strana — « strana » perchè esso è un cambiamento collaterale che non à alcuna parte nei cambiamenti successivi. Alludo al prodursi e all'apparire dei « corpi polari ». È riconosciuto che la formazione di questi è analoga alla formazione delle cellule in generale, benchè processo e prodotto siano ambedue rimpiccioliti. Indipendentemente da qualsiasi significato attribuito, il fatto stesso è chiaro. Vi à una formazione abortiva di cellule. Questo carattere abortivo si vede anzi tutto nelle dimensioni diminutive del corpo separato o cellula, e secondariamente nel numero deficiente de' suoi cromosomi: mentre una deficienza corrispondente si manifesta nel gruppo dei cromosomi che rimangono nell'uovo — che rimangono cioè (secondo l'ipotesi proposta) nella cellula sorella, supponendo che il corpo polare sia una cellula abortita. Comunemente si suppone che il fine da conseguirsi col metter fuori in

mento emale », o, espressa in altre parole, che la « cellula spermatica sia materia coordinante e la cellula germinale materia da esser coordinata » (pp. 490-493). E insieme con questa proposizione si dà qualche prova chimica che tende ad appoggiarla. Ora se, in luogo di « neurale » ed « emale » diciamo — l'elemento che è più altamente fosforizzato e l'elemento che è fosforizzato in un grado assai minore; o se, in luogo di materia coordinante e materia da esser coordinata, diciamo — la materia che inizia l'azione e la materia che è spinta ad agire; si scopre un'affinità tra questa dottrina primitiva e la dottrina or ora esposta. Nell'ultima parte di quest'opera, « Le Leggi della Moltiplicazione », che è uno svolgimento del saggio ricordato, io lasciai fuori la porzione contenente le frasi citate, e le prove che appoggiano la conclusione tratta. Le omisi in parte perchè la speculazione non formava un anello essenziale nell'argomento generale, e in parte perchè io non vedeva come l'interpretazione suggerita potesse valere per le piante come per gli animali. Se, tuttavia, la maggiore capacità colorante attribuita al nucleo generatore maschio nelle piante implica, come in altri casi, che la cellula maschile à una più grande proporzione di materia fosforizzata che gli altri elementi interessati, allora la difficoltà scompare.

tal guisa una parte dei cromosomi sia quello di ridurre il rimanente alla metà del numero che caratterizza la specie; così che quando, a questo gruppo nella cellula germinale, la cellula spermatica aggiunge un gruppo similmente ridotto, l'unione dei due gruppi porterà i cromosomi al numero normale. Io mi avventuro a suggerire un'altra interpretazione. Nel far ciò, tuttavia, devo anticipare una conclusione contenuta nel capitolo successivo; la conclusione cioè che la gamogenesi comincia quando l'agamogenesi viene ad essere arrestata da condizioni sfavorevoli, e che l'agamogenesi venendo meno inizia la gamogenesi. Delle numerose illustrazioni da darsi tosto, io, per far chiaro il concetto, ne menzionerò una soltanto — la formazione di organi fruttificanti nelle piante durante i periodi in cui i germogli vanno diminuendo di vigore e le foglie di volume, e nei punti in cui ciò accade. Qui i successivi organi foliari, sempre meno adatti tanto per la quantità quanto per le dimensioni a continuare la loro vita normale, ci mostrano una cessazione graduale della moltiplicazione asessuale, la quale termina con gl'individui abortiti che noi chiamiamo stami; e il fatto che un improvviso aumento di nutrizione, mentre la gamogenesi è in tal guisa iniziata, cagiona una ripresa dell'agamogenesi, mostra che la gamogenesi è una conseguenza del venir meno dell'agamogenesi. Vedasi dunque il parallelo. Riportandoci indietro da gli organismi multicellulari a gli organismi unicellulari (o quegli omologhi di essi, che formano gli agenti riproduttivi ne gli organismi multicellulari) troviamo che vale la stessa legge. I corpi polari sono cellule abortite, le quali indicano che la moltiplicazione asessuale non può più a lungo procedere, e che sono sorte le condizioni conducenti alla moltiplicazione sessuale. Se questo è così, la diminuzione nella cromatina diventa una causa iniziale del cambiamento invece di essere un incidente concomitante; e non abbiamo più bisogno di supporre che una quantità di materia preziosa vada perduta, non per incapacità passiva, ma per espulsione attiva. Un'altra anomalia scompare. Se dalla cellula germinale à luogo questa eliminazione di cromatina superflua, la conseguenza sembrerebbe essere che una eliminazione parallela à luogo dalla cellula spermatica. Ma ciò non è vero. Nella cellula spermatica si verifica appunto quel venir meno nella produzione della cromatina che, secondo l'ipotesi sopra delineata, è da aspettarsi; poichè nel processo della moltiplicazione delle cellule, le cellule che diventano spermatozoi sono *lasciate* con la metà del numero di cromosomi posseduti dalle cellule precedenti: vi à effettivamente quell'impoverimento e diminuzione di vigore che qui si suppone come l'antecedente della fecondazione. Basta soltanto imma-

ginare che l'uovo e il corpo polare siano simili nel volume, per vedere il parallelismo; e per vedere che questo non appare chiaro a causa dell'accumulazione del citoplasma nell'uovo.

Rimane un fatto confermativo. Qualche volta il primo corpo polare espulso va soggetto a suddivisione mentre il secondo è in via di formazione. Ciò nulla può aver da fare con la riduzione del numero dei cromosomi nell'uovo. Indiscutibilmente, tuttavia, questo cambiamento è incluso con i cambiamenti precedenti in un processo unico, effettuato da un'unica influenza. Se, dunque, esso è irrilevante per la diminuzione dei cromosomi, così devono essere irrilevanti i cambiamenti precedenti: l'ipotesi cade. Al contrario questo fatto appoggia la dottrina sopra suggerita. Che la espulsione di un corpo polare è un processo di scissione delle cellule, si accorda col fatto che un'altra scissione avviene dopo la espulsione. E l'avvenire ciò irregolarmente mostra che le attività vitali, che si osservano nell'accrescimento e nella moltiplicazione delle cellule, ora riescono a produrre una ulteriore scissione della cellula rimpiccolita e ora non vi riescono: le energie causanti la moltiplicazione asessuale sono esaurite, e sorge lo stato che inizia la moltiplicazione sessuale.

Completata la maturazione dell'ovo à luogo l'entrata dello spermatozoo, qualche volta attraverso la membrana esterna e qualche volta attraverso un micropilo o apertura in essa. Ciò inizia istantaneamente una serie di cambiamenti complicati: poichè non passano molti secondi prima che cominci la formazione di un astro intorno ad una estremità della testa dello spermatozoo. L'accrescimento di quest'astro, manifestamente mediante disposizioni lineari dei granelli che compongono il reticolo della cellula germinale, progredisce rapidamente; mentre l'intera struttura che di qui trae origine si muove in dentro. Presto à luogo la fusione di questo nucleo spermatico col nucleo del germe per formare il nucleo di clivaggio, il quale dopo un certo intervallo comincia a dividersi e suddividersi nella stessa maniera come fanno le cellule in genere: così tosto formando un gruppo di cellule da cui sorgono gli strati che dànno origine all'embrione. I particolari di questo processo non ci riguardano. È sufficiente indicare in tal guisa brevemente la natura generale di esso.

E ora ponendo termine così alla descrizione della genesi sotto il suo aspetto istologico, passiamo alla descrizione della genesi sotto i suoi aspetti più ampi e più significativi.

CAPITOLO VII.

Genesi.

§ **75.** Dopo avere, nel penultimo capitolo, concluso ciò che costituisce un individuo, e dopo avere, nell'ultimo capitolo, considerato il processo istologico che dà origine a un nuovo individuo, noi siamo in grado di trattare della moltiplicazione de gl'individui. Per indicar questa, si è scelto qui il titolo Genesi in quanto è il titolo più comprensivo — il meno specializzato nel suo significato. Da alcuni biologi il vocabolo Generazione è stato adoperato per significare un metodo di moltiplicazione, e il vocabolo Riproduzione per significare un altro metodo; e in tal guisa ciascuna di queste parole è stata resa in qualche grado disadatta a significare la moltiplicazione in generale.

Qui il lettore è indirettamente introdotto al fatto che la produzione di nuovi organismi si effettua in modi fondamentalmente dissimili. Fino a tempi affatto recenti si credette, anche da naturalisti, che tutti i vari processi di moltiplicazione, osservabili in differenti specie di organismi, avessero un carattere essenziale in comune: si supponeva che in ogni specie le generazioni successive fossero simili. Ora si è provato, tuttavia, che in molte piante e in numerosi animali, le generazioni successive non sono simili; che da una generazione ne procede un'altra, i cui membri differiscono più o meno nella struttura dai loro genitori; che questi membri ne producono altri simili a sè, o simili ai loro genitori, o dissimili da gli uni e dagli altri; ma che da ultimo, la forma originaria riappare. Invece di esservi, come nei casi a noi più familiari, un ricorso costante della stessa forma, vi à un ricorso ciclico di essa. Questi due processi

distinti di moltiplicazione, si possono opportunamente chiamare *omogenesi* ed *eterogenesi* (1). Consideriamoli sotto questi capi.

Vi sono due specie di omogenesi, la più semplice delle quali, probabilmente universale un tempo ma ora eccezionale, è quella in cui non vi è alcun'altra forma di moltiplicazione che la forma risultante da una perpetua scissione spontanea. Il sorgere di sessi distinti fu senza dubbio un passo nell'evoluzione, e prima ch'esso avesse luogo la formazione di nuovi individui poteva verificarsi soltanto per divisione del vecchio individuo o in due o in molti. Al presente questo processo sopravvive, per ciò che sembra, tra i Bacterii, tra certe Alghe, e in parecchi Protozoi; benchè è possibile che in questi casi si verifichi raramente una coniugazione non ancora osservata. È una conclusione probabile, tuttavia, che nei Bacterii a ogni modo la forma una volta universale di moltiplicazione sopravvive ancora come una forma eccezionale. Ma ora lasciando da parte questi casi, abbiamo da notare che la forma di genesi (che una volta si supponeva essere la sola forma), in cui le generazioni successive sono simili, è la genesi sessuale, o, com'è stata altrimenti chiamata — la *gamogenesi*. In ogni specie che si moltiplica con questa forma di omogenesi, ciascuna generazione consiste di maschi e femmine; e dai germi fecondati ch'essi producono sorge la generazione susseguente di maschi e femmine simili: l'unica limitazione necessaria di questo principio è che in molti Protofiti e Protozoi le cellule o protoplasti che si congiungono non sono distinguibili nel carattere. Questo modo di propagazione possiede l'altro carattere, che ciascun germe fecondato per solito dà origine a un individuo solo — il prodotto dello sviluppo è organizzato intorno a un unico asse e non intorno a diversi assi. L'omogenesi in contrasto con l'eterogenesi, quale si manifesta in specie che presentano una sessualità distinta, à altresì la caratteristica che ciascun nuovo individuo comincia con un uovo distaccato da i tessuti materni, invece di essere una porzione di protoplasma unita ad essi, e che il suo sviluppo procede indipendentemente. Questo sviluppo può aver luogo o internamente o esternamente; donde risulta la divisione negli ovipari e nei vivipari. Il genere oviparo è quello in cui il germe fecondato è espulso dal genitore prima

---

(1) Sfortunatamente la parola *eterogenesi* è stata già adoperata come un sinonimo per « generazione spontanea ». Fuorchè da quei pochi che credono nella « generazione spontanea », tuttavia, non si obietterà molto all'uso della parola in un senso che sembra assai più appropriato. Il significato attribuito sopra ad essa include tanto la Metagenesi quanto la Partenogenesi.

ch'esso abbia subìto un qualche sviluppo considerevole. Il genere viviparo è quello in cui lo sviluppo è considerevolmente avanzato, o quasi completo, prima che l'espulsione abbia luogo. Questa distinzione, tuttavia, non è nettamente definita: vi sono transizioni tra i processi ovipari e i vivipari. Nella genesi ovovivipara vi à una incubazione interna, e benchè i nascituri siano in questo caso finalmente espulsi dalla madre in forma di uova, essi non lasciano il corpo di questa finchè non ànno assunto una forma in qualche modo simile a quella materna. Guardandoci intorno, noi troviamo che l'omogenesi è universale tra i Vertebrati. Ogni animale vertebrato sorge da un germe fecondato, e unisce nella sua singola individualità l'intero prodotto di questo germe. Ne i mammiferi o Vertebrati più elevati, questa omogenesi è in ogni caso vivipara; ne gli uccelli è uniformemente ovipara; e ne i rettili e pesci è sempre essenzialmente ovipara, benchè vi siano casi del genere sopra ricordato, in cui la viviparità è simulata. Passando a gl'Invertebrati, troviamo l'omogenesi ovipara universale tra gli Aracnidi (eccettuati gli Scorpioni, che sono ovovivipari); universale tra i Crostacei più elevati, ma non tra i più bassi; estremamente generale, benchè non universale, tra gl'Insetti; e universale tra i Molluschi più elevati, benchè non tra i più bassi. Tra gli animali delle più infime specie troviamo che l'omogenesi è l'eccezione piuttosto che la regola; e nel regno vegetale sembra che non vi siano casi, fuorchè tra le Alghe e in poche piante parassitarie aberranti come le *Rafflesiaceae*, in cui il centro o asse che sorge da un germe fecondato diventa il produttore immediato di altri germi simili.

Nella propagazione caratterizzata da dissomiglianza delle generazioni successive, vi à genesi asessuale con genesi sessuale ricorrente di quando in quando; in altre parole — *agamogenesi* interrotta più o meno frequentemente da *gamogenesi*. Se noi cominciamo con una generazione di maschi e femmine perfetti, allora dalle loro uova sorgono individui i quali non sono maschi nè femmine, ma che producono la generazione successiva da gemme. Con questo metodo di moltiplicazione molti individui traggono origine da un singolo germe fecondato. Il prodotto dello sviluppo si organizza intorno a più di un centro o asse. La forma più semplice di eterogenesi è quella che si vede nella maggior parte delle piante ad asse unico. Se, come ci troviamo costretti a fare, consideriamo ciascun germoglio separato o asse di accrescimento come un individuo distinto, l'omogenesi si vede in quelle che ànno fiori assolutamente terminali; ma in tutte le altre piante ad asse unico, gl'individui successivi non sono rappresentati dalla serie A, A, A, A, ecc., ma sono rappresentati dalla

serie A, B, A, B, A, B, ecc. Infatti nella maggioranza delle piante che furono classificate come ad asse unico (§ 50), e che possono essere convenientemente così distinte da altre piante, l'asse che germoglia dal seme, e sostanzialmente costituisce la pianta, non fiorisce esso stesso ma dà lateralmente origine ad assi capaci di portar fiori. Benchè nelle piante ordinarie ad asse unico l'apparato fruttificante *apparisca* essere all'estremità dell'asse primario, verticale; pure la dissezione mostra che, morfologicamente considerato, ciascun asse fruttificante è un rampollo dell'asse primario. Sorge dal seme un individuo privo di sesso, dal quale spuntano per gemmazione individui aventi organi riproduttivi; e da questi risultano germi fecondati o semi che dànno origine a individui privi di sesso. Ciò è a dire, la gamogenesi e l'agamogenesi si alternano: con la peculiarità che gl'individui sessuali sorgono da quelli privi di sesso in virtù di uno sviluppo continuo. Le Salpe ci mostrano una forma affine di eterogenesi nel regno animale. Gl'individui sviluppati da uova fecondate, invece di produrne essi stessi altre, producono, per gemmazione, file di individui da cui di nuovo traggono origine uova fecondate. Nelle piante a molti assi, abbiamo una successione di generazioni rappresentate dalla serie A, B, B, B, ecc., A, B, B, B, ecc. Supponendo che A sia un asse fiorifero o un individuo sessuale, allora, da qualunque germe fecondato ch'esso getta via, cresce un individuo privo di sesso, B; da questo spuntano fuori altri individui privi di sesso, B, e così via per generazioni più o meno numerose, finchè da ultimo, da alcuni di questi individui privi di sesso, si staccano individui della forma originaria A portatori di seme. Le erbe ramificate, gli arbusti, e gli alberi presentano questa forma di eterogenesi: le generazioni successive d'individui privi di sesso in tal guisa prodotte sono, nella maggior parte dei casi, sviluppate in modo continuo, o aggregate in un individuo composto, ma in alcuni casi si sviluppano in modo discontinuo. Fra gli animali una specie di eterogenesi, rappresentata dalla stessa successione di lettere, si verifica in certi polipi composti come la *Sertularia*, e in quegli Idrozoi che assumono alternativamente la forma polipoide e la forma della Medusa. Le principali differenze presentate da questi gruppi sorgono dal fatto che le generazioni successive d'individui privi di sesso, prodotti per gemmazione, sono in alcuni casi sviluppate in modo continuo, e in altri in modo discontinuo; e dal fatto che, in alcuni casi, gl'individui sessuali abbandonano i loro germi fecondati mentre ancora stanno crescendo sulla colonia di polipi da cui derivano, ma in altri casi non prima di aver lasciato questa e aver subìto un ulteriore sviluppo. Dove, come in tutte le forme prece-

denti di agamogenesi, i nuovi individui vengono fuori, non da organi riproduttivi specializzati, ma da parti non specializzate dell'organismo da cui derivano, il processo è stato chiamato dal Professore Owen *metagenesi*. Nella maggior parte dei casi gl'individui così prodotti crescono dalle parti esterne dei genitori — la metagenesi è esterna. Ma vi è altresì una specie di metagenesi che noi possiamo distinguere come interna. La presentano certi entozoi del genere *Distoma*. Dall'uovo di un Distoma risulta un essere rozzamente formato conosciuto col nome di sporocisti e da questo una redia. Gradatamente, a misura che questa si divide e produce gemme, la maggior parte della sostanza interna si trasforma in giovani animali detti Cercarie (che sono le larve dei Distomi); finchè da ultimo diventa poco più che un sacco vivente ripieno di prole vivente. In qualche specie di Distoma (*Distoma pacifica*) la famiglia di giovani animali, che in tal guisa sorgono per gemmazione interna, non è formata da Cercarie, ma da esseri simili alla madre: che diventano essi stessi i produttori di Cercarie, secondo la stessa maniera, in un periodo susseguente. Così che la successione delle forme è rappresentata ora dalla serie *A*, *B*, *A*, *B*, ecc., ora dalla serie *A*, *B*, *B*, *A*, *B*, *B*, ecc., e ora da *A*, *B*, *B*, *C*, *A*. Ambedue i casi, tuttavia, esemplificano la metagenesi interna in contrasto con le diverse specie di metagenesi esterna sopra descritte. Quella agamogenesi che si effettua in un organo riproduttivo — o un ovario o l'omologo di un ovario — è stata chiamata, dal Prof. Owen, *partenogenesi*. È il processo familiarmente esemplificato negli Afidi. Qui dalle uova fecondate deposte da femmine perfette crescono femmine imperfette, ne gli ovarii delle quali si sviluppano uova che, sebbene non fecondate, rapidamente assumono l'organizzazione di altre femmine imperfette, e nascono in modo viviparo. Da questa seconda generazione di femmine imperfette, sorge in seguito, nella stessa maniera, una terza generazione della stessa specie; e così via per molte generazioni: onde la serie può essere simboleggiata con le lettere *A*, *B*, *B*, *B*, *B*, *B*, ecc., *A*. Rispetto a questa forma di eterogenesi si dovrebbe aggiungere che, ne gli animali come nelle piante, il numero di generazioni d'individui privi di sesso, prodotti prima della ricomparsa di quelli forniti di sesso, è indefinito; tanto nel senso che nella medesima specie esso può continuare in una misura più o meno grande secondo le circostanze, quanto nel senso che tra le generazioni d'individui procedenti dallo stesso germe fecondato, un ricorso de gl'individui forniti di sesso à luogo più presto in alcune delle linee divergenti di moltiplicazione che in altre. Ne gli alberi vediamo che su alcuni rami sor-

gono assi portatori di fiori, mentre altri rami stanno ancora producendo soltanto assi portatori di foglie; e nelle generazioni successive di Afidi è stato osservato un fatto parallelo. In fine devesi ricordare quella specie di eterogenesi in cui, insieme con la gamogenesi, si presenta una forma di agamogenesi esattamente simile ad essa, fuorchè nella mancanza della fecondazione. Questa si chiama vera partenogenesi — riproduzione effettuata da madri vergini che sono sotto tutti gli aspetti simili alle altre madri. Tra le farfalle dei bachi da seta questa partenogenesi è eccezionale piuttosto che ordinaria. Per solito le uova di questi insetti sono fecondate; ma se non lo sono, pure esse sono deposte, e alcune di esse producono larve. In certi Lepidotteri, tuttavia, dei gruppi *Psychidae* e *Tineidae*, la partenogenesi sembra esser un processo normale — in vero, per quel che si sa, l'unico processo; poichè di alcune specie i maschi non sono mai stati trovati.

Un concetto generale delle relazioni tra i differenti modi di Genesi, così brevemente descritti, sarà meglio dato dalla esposizione seguente sotto forma di tabella.

La Genesi è
- Omogenesi, che è per solito Gamogenesi
  - Ovipara
  - o Ovo-vivipara
  - o Vivipara
- o
- Eterogenesi, che è
  - Gamogenesi alternantesi con Agamogenesi
    - Partenogenesi
    - o
    - Metagenesi
      - Interna
      - o
      - Esterna

Questa, come tutte le altre classificazioni di tali fenomeni, presenta anomalie. Si può giustamente obiettare che i processi qui raggruppati sotto il capo agamogenesi, sono gli stessi come quelli raggruppati sotto il capo di sviluppo discontinuo (§ 50): onde si fanno parzialmente coincidere sviluppo e genesi. Senza dubbio sembra strano che quelli che sono da un punto di vista considerati come cambiamenti di struttura siano da un altro punto di vista considerati come modi di moltiplicazione (1).

(1) Il Prof. Huxley evita questa difficoltà col fare di ogni specie di genesi un modo di sviluppo. La sua classificazione, che suggerì quella sopra data, è come segue:

Sviluppo
- Continuo
  - Accrescimento
  - Metamorfosi
- Discontinuo
  - Agamogenesi
    - Metagenesi
    - Partenogenesi
  - Gamogenesi

Tuttavia, non c'è per noi altro che una scelta d'imperfezioni. Noi non possiamo per mezzo di alcuna dicotomia logica esprimere accuratamente relazioni le quali, in natura, passano per gradi insensibilmente l'una nell'altra. Nè il precedente, nè alcun altro schema, può far più che dare una idea approssimativa della verità.

§ **76.** La genesi sotto ogni forma è un processo di disintegrazione negativa o positiva; ed è così essenzialmente opposta a quel processo d'integrazione che è il processo primario nella evoluzione individuale. La disintegrazione negativa avviene in quei casi dove, come tra gl'Idrozoi composti, vi à uno sviluppo continuo di nuovi individui mediante la gemmazione dal corpo d'individui più vecchi; e dove gl'individui più vecchi sono in tal guisa impediti di crescere a un volume più grande, o di raggiungere un più alto grado d'integrazione. La disintegrazione positiva avviene in quelle forme di agamogenesi dove la produzione de' nuovi individui è discontinua, come pure in tutti i casi di gamogenesi. I gradi di disintegrazione sono vari. All'una estremità l'organismo produttore è completamente rotto in pezzi, o scisso in nuovi individui; e all'altra estremità ciascun nuovo individuo non forma che una piccola deduzione dall'organismo produttore. I Protozoi e i Protofiti ci mostrano quella forma di disintegrazione detta divisione spontanea: in cui due o più individui sono prodotti mediante lo spezzarsi di quello originario. La *Volvox* e l'*Hydrodictyon* sono piante le quali, dopo aver sviluppato la prole entro di sè, la fanno uscire scoppiando; e tra gli animali quello recentemente ricordato, che sorge dall'uovo del *Distoma*, perde interamente la sua individualità nelle individualità delle numerose larve di Distoma con cui esso si riempie. Generalmente parlando, il grado di disintegrazione diventa meno spiccato a misura che ci avviciniamo alle più alte forme organiche. I tipi superiori di piante gettano via da sè, o per gamogenesi o per agamogenesi, parti che sono relativamente piccole; e tra gli animali superiori non vi è alcun caso in cui l'individualità produttrice sia abitualmente perduta nella produzione di nuovi individui. Fino all'ultimo tuttavia, vi à di necessità una maggiore o minore disintegrazione. I semi e i grani di polline di una pianta fiorifera sono porzioni disintegrate di tessuto; come sono altresì le uova e gli spermatozoi de gli animali. E sia che i germi fecondati portino via da i loro genitori piccole o grosse quantità di nutrimento, queste quantità in tutti i casi implicano ulteriori disintegrazioni negative o positive dei genitori.

Eccetto nelle piante che producono spore, i nuovi individui che risul-

tano dalla agamogenesi per solito non si separano da gl'individui produttori finchè non ànno subìto uno sviluppo considerevole, se non uno sviluppo completo. La prole agamogenetica di questi infimi individui, che si sviluppano centralmente, non passa naturalmente al di là della struttura centrale; ma la prole agamogenetica di organismi, che si sviluppano assialmente, assume per solito una struttura assiale prima ch'essa diventi indipendente. Il regno vegetale ci mostra ciò nella organizzazione progredita dei piccoli bulbi distaccati, e delle gemme che metton radici prima di separarsi. De gli animali, gl'Idrozoi, i Trematodi e le Salpe ci offrono differenti specie di agamogenesi, in tutte le quali i nuovi individui sono organizzati in una misura considerevole prima di essere gettati via. Questa regola non è senza eccezioni, tuttavia. Gli statoblasti della *Plumatella* (che rappresentano la parte di uova d'inverno), sviluppati in una parte non specializzata del corpo, forniscono un caso di metagenesi in cui si distaccano centri di sviluppo, invece di assi; e nella sopra descritta partenogesi delle farfalle e delle api, tali centri si distaccano da un ovario.

Quando son prodotti per gamogenesi, i nuovi individui diventano (in un senso morfologico) indipendenti dai genitori mentre sono ancora nella forma di centri di sviluppo, piuttosto che di assi di sviluppo; e questo anche dove accade apparentemente il contrario. I germi fecondati di quelle piante inferiori che sono centrali, o multicentrali, nel loro sviluppo, sono naturalmente gettati via come centri; e lo stesso è per solito il caso anche in quelle che sono ad asse unico o a molti assi. Nelle piante più elevate, dei due elementi che contribuiscono alla formazione del germe fecondato, la cellula-polline è assolutamente separata dalla pianta-madre sotto la forma di un centro, e la cellula-uovo, benchè non assolutamente separata dalla madre, pure non è più subordinata alle forze organizzanti di questa. Così che quando, dopo che la cellula-uovo è stata fecondata con la materia derivata dal tubo pollinico, lo sviluppo comincia, esso procede senza la direzione materna: il nuovo individuo, benchè rimanga fisicamente unito col vecchio individuo, diventa separato per la struttura e per le funzioni: mentre questo non fa altro che provvedere i materiali. In tutto il regno animale, i nuovi individui prodotti per gamogenesi sono manifestamente separati nella forma di centri di sviluppo, ovunque la produzione è ovipara: la sola variazione notevole consistendo nella quantità di materia nutritiva trasmessa dalla madre all'epoca della separazione. E benchè, dove la riproduzione è vivipara, il processo sembri essere differente, e in un certo senso sia tale, pure intrinsecamente esso è il medesimo. Infatti in questi casi il nuovo individuo realmente si distacca dalla

madre, mentre è ancora soltanto un centro di sviluppo; ma invece di essere definitivamente separato in questo stato, esso si riattacca ed è provvisto di nutrimento finchè assume una struttura assiale più o meno completa.

§ **77.** Come abbiamo visto recentemente, l'atto essenziale nella gamogenesi è l'unione di due nuclei cellulari, prodotti nella grande maggioranza dei casi da differenti organismi generatori. Quasi sempre le cellule contenenti, spesso chiamate gameti, sono dissimili: la cellula spermatica essendo il prodotto maschio, e la cellula germinale il prodotto femmina. Ma tra certi Protozoi e molte delle Alghe e Funghi inferiori, le cellule che si uniscono non mostrano alcuna differenziazione. La sessualità è soltanto nascente.

Vi sono moltissimi modi e modificazioni di modi, in cui queste cellule sono prodotte; moltissimi modi e modificazioni di modi, per cui esse sono portate in contatto; e moltissimi modi e modificazioni di modi, per cui i germi fecondati risultanti ànno assicurate ad essi le condizioni adatte per il loro sviluppo. Ma tralasciando queste forme divergenti e ridivergenti di moltiplicazione sessuale, a specificare le quali si richiederebbe qui troppo spazio, il carattere universale è questa coalescenza di una porzione distaccata di un organismo con una porzione più o meno distaccata di un altro.

Certe Alghe semplici come le Desmidiacee, che sono qualche volta dette piante unicellulari, ci mostrano una coalescenza, non di porzioni distaccate di due organismi, ma di due interi organismi: l'intero contenuto de gl'individui unendosi per formare la massa del germe. Dove, come tra le Confervoidee, abbiamo un gruppo di cellule le cui individualità non sono quasi affatto subordinate a quella dell'aggregato, l'atto gamogenetico spesso si effettua mediante l'unione « di masse protoplasmiche mobili separate, prodotte per la divisione del contenuto di qualsiasi cellula dell'aggregato. Queste masse di protoplasma nuotanti liberamente, che sono del tutto simili alle « zoospore » agamogenetiche delle stesse piante (ma generalmente più piccole di esse) e a gl'individui nuotanti liberamente di molte Protofite, rappresentano apparentemente il tipo primitivo dei gameti (cellule coniuganti); ma è degno di nota che un tale gamete si unisce quasi sempre con uno derivato da un'altra cellula o da un altro individuo. Lo stesso fatto vale riguardo ai gameti delle Protofite stesse, le quali sono formate nello stesso modo dalla singola cellula dell'individuo-madre. Nei tipi più alti di *Confervoideae*,

e nella *Vaucheria*, noi troviamo questi gameti equivalenti, nuotanti liberamente, sostituiti da cellule spermatiche e germinali sessualmente differenziate, che in alcuni casi sorgono in organi diversi posti indipendentemente per la loro produzione, e che rappresentano essenzialmente quelle proprie delle piante più elevate. Si conoscono altresì forme di transizione, intermedie tra questi casi e quelli in cui da una cellula qualunque della pianta sono formati gameti equivalenti ».

Investigazioni recenti riguardo alla coniugazione dei Protozoi ànno dimostrato che non v'è, come un tempo si credeva, una fusione di due individualità, ma una fusione di parti dei loro nuclei. Il macro-nucleo essendo scomparso, e il micro-nucleo essendosi diviso in porzioni, ciascun individuo riceve dall'altro una di queste porzioni, che diventa fusa con la propria materia nucleare. Così che anche in queste umili forme, dove non vi à alcuna differenziazione di sessi, l'unione non è tra elementi che sono sorti nel medesimo individuo ma tra quelli che sono sorti in individui differenti: le parti essendo in questo caso simili.

I meravigliosi fenomeni iniziati dall'incontro della cellula spermatica e della cellula germinale, o piuttosto dei loro nuclei, naturalmente suggeriscono il concetto di certe proprietà affatto speciali e peculiari possedute da queste cellule. Sembra ovvio che questo misterioso potere, ch'esse manifestano, di dare origine a un nuovo e complesso organismo le distingue nel modo più ampio da porzioni di sostanza organica in generale. Non di meno, quanto più noi studiamo le prove, tanto più noi siamo condotti verso la conclusione che queste cellule non sono fondamentalmente differenti da altre cellule. Il primo fatto che accenna a questa conclusione è il fatto sul quale ci siamo recentemente soffermati (§ 63), che in molte piante e animali inferiori, un piccolo frammento di tessuto, che è soltanto poco differenziato, è capace di svilupparsi in un organismo simile a quello da cui esso fu preso. Ciò implica che le unità componenti dei tessuti ànno poteri inerenti di disporsi nelle forme de gli organismi i quali ad esse diedero origine. E se in queste unità componenti, che noi distinguemmo come fisiologiche, tali poteri esistono, — se, in condizioni adatte, e quando non siano molto specializzate, esse manifestano tali poteri in un modo così spiccato come quello in cui li manifestano i contenuti delle cellule spermatiche e delle cellule germinali, allora diventa chiaro che le proprietà di queste cellule non sono così peculiari come siamo disposti ad ammettere. Ancora, gli organi che emettono cellule spermatiche e cellule germinali non ànno alcuna di quelle strutture speciali che si potrebbero supporre, se

alle cellule spermatiche e alle cellule germinali occorresse attribuire proprietà dissimili da quelle di tutti gli altri agenti organici. Al contrario questi agenti riproduttivi procedono da tessuti caratterizzati dalla loro bassa organizzazione. Nelle piante, per esempio, non sono appendici che ànno acquistato una struttura considerevole quelle che producono le particelle fruttificanti: queste sorgono all'estremità de gli assi dove il grado di struttura è minimo. Le cellule, dalle quali vengono l'uovo e i grani di polline, sono formate di tessuto non differenziato nell'interno dell'ovulo e dello stame. In molti animali inferiori privi di speciali organi riproduttivi, come sarebbe l'Idra, le uova e gli spermatozoi traggono origine dalle cellule interstiziali dell'ectoderma, che giacciono tra le basi delle cellule funzionali — che cioè non sono state differenziate per la funzione; e nelle Meduse, secondo Weismann, sorgono nello strato omologo, eccetto dove si conserva la forma medusoide, e allora sorgono nell'endoderma e migrano all'ectoderma: in tutti i casi è presupposta la mancanza di specializzazione. Poi ne gli animali più elevati questi stessi agenti generatori sembrano essere semplicemente cellule modificate dell'epitelio — cellule non notevoli per la loro complessità di struttura, ma piuttosto per la loro semplicità. Se per muovere un'obiezione a questa dottrina, si domandi perchè altre cellule epiteliari non offrono proprietà simili, vi sono due risposte. La prima è che le altre cellule epiteliari sono per solito cambiate per renderle atte alle loro funzioni speciali, in modo tale da renderle disadatte ad assumere la funzione riproduttiva. La seconda è che in alcuni casi, dove non sono che poco specializzate, esse *effettivamente* offrono le stesse proprietà: non certo unendosi con altre cellule per produrre nuovi germi, ma producendo nuovi germi senza tale unione. Dal Dr. Hooker apprendo che la *Begonia phyllomaniaca* abitualmente sviluppa giovani piante dalle scaglie del suo stelo e delle sue foglie — anzi, che molte giovani piante sono sviluppate da una singola scaglia. Le cellule dell'epidermide, che compongono una di queste scaglie, si gonfiano qua e là, formando grosse cellule globulari; formano clorofilla nel loro interno; mettono fuori assi rudimentali; e poi in virtù di moti costrittivi spontanei, si staccano; cadono al suolo, e crescendo diventano Begonie. Inoltre, in una succolenta pianta inglese, la *Malaxis paludosa*, avviene un processo simile: le cellule che si staccano da sè sono, in questo caso, prodotte dalle superficie delle foglie (1). Così non vi à alcuna giustificazione per sup-

(1) La conseguenza è che un processo essenzialmente simile avviene nei frammenti di foglie adoperati per la propagazione artificiale. Oltre alle Begonie in generale, apprendo che varie altre piante si moltiplicano in tal guisa — gli alberi di cedro e di arancio, la

porre che le cellule spermatiche e le cellule germinali possiedano facoltà fondamentalmente dissimili da quelle di altre cellule. La conclusione a cui accennano i fatti è che esse differiscono dalle rimanenti sopra tutto nel non essere state soggette ad adattamenti funzionali. Sono cellule le quali non si sono allontanate che poco dal tipo originario e più generale; mentre quelle specializzazioni, che alcune di esse offrono sotto forma di mezzi locomotori, si possono interpretare come modificazioni estrinseche che a null'altro si riferiscono fuorchè a certe esigenze meccaniche. Parecchi fatti tendono in simil modo a mostrare che non esiste la profonda distinzione che noi siamo disposti ad ammettere tra gli elementi riproduttori maschili e femminili. Nell'Idra comune le cellule spermatiche e le cellule germinali si sviluppano nello stesso strato di tessuto indifferente; e nella *Tethya,* una delle spugne, il Prof. Huxley à osservato ch'esse si presentano mescolate insieme nel parenchima generale. I grani di polline e le cellule dell'embrione delle piante sorgono in parti adiacenti del tessuto meristematico della gemma del fiore; e dalla descrizione di una mostruosità nel fior di Passione, recentemente data dal Sig. Salter alla *Linnaean Society*, appare egualmente che gli ovuli posono, nella loro struttura generale, trasformarsi gradatamente in antere, e ch'essi possono produrre polline nel loro interno. Inoltre tra le Alghe inferiori che mostrano il cominciamento di una differenziazione sessuale, i gameti più piccoli, che noi dobbiamo considerare come cellule spermatiche incipienti, sono qualche volta capaci di fondersi tra loro, e di dare origine a uno zigote che produrrà una nuova pianta. Tutte le quali prove sono in armonia perfetta con la conclusione precedente; poichè, se le cellule spermatiche e le cellule germinali ànno una natura non essenzialmente dissimile da quella delle cellule non specializzate in generale, la natura delle une non può essere essenzialmente dissimile da quella delle altre.

L'altro fatto generale da notarsi è che queste cellule, la cui unione costituisce l'atto essenziale della gamogenesi, sono cellule in cui i cam-

---

Hoya carnosa, l'*Aucuba japonica*, il *Clianthus puniceus*, ecc., ecc., il *Bryophyllum calicinum*, la *Rochea falcata*, e l'*Echeveria*. Io apprendo altresì che le seguenti piante, tra le altre, producono gemme dalle loro foglie: — il *Cardamine pratensis*, il *Nasturtium officinale*, la *Roripa palustris*, la *Brassica oleracea*, l'*Arabis pumilla*, il *Chelidonium majus*, la *Nymphoea guianensis*, l'*Episcia bicolor*, la *Chirita sivensis*, la *Pinguicula Backeri*, l'*Allium*, la *Gagea*, la *Tolmia*, la *Fritillaria*, l'*Ornithogalum*, ecc. Nel *Cardamine* e parecchie altre piante, si produce subito una pianta completa in miniatura; in altri casi piccoli bulbi o gemme simili distaccabili.

biamenti di sviluppo sono venuti a termine — cellule incapaci di una ulteriore evoluzione. Benchè esse non siano, come sono molte cellule, disadatte all'accrescimento e alla metamorfosi a causa di un'alta specializzazione, pure esse ànno perduta la facoltà di accrescimento e di metamorfosi. Esse ànno singolarmente raggiunto uno stato di equilibrio. E mentre l'equilibrio interno delle forze impedisce una continuazione dei cambiamenti costruttivi, esso è facilmente abbattuto dalle forze distruttive esterne. Poichè quasi uniformemente accade che le cellule spermatiche e le cellule germinali, che non sono portate a contatto, scompajono. In una pianta, la cellula dell'uovo, se non è fecondata, è assorbita o dissipata, mentre l'ovulo abortisce; e l'uovo non impregnato da ultimo si decompone: salvo, in vero, in quei tipi in cui la partenogenesi è una parte del ciclo normale.

Tali essendo i caratteri di queste cellule, e tale essendo il loro destino se sono tenute separate, noi abbiamo ora da osservare ciò che accade quando esse sono unite. Nelle piante la estremità della cellula-polline prolungata si applica alla superficie del sacco-embrione, e uno de' suoi nuclei, essendo passato con una certa porzione di protoplasma nella cellula-uovo, ivi diventa fuso col nucleo di questa. Similmente ne gli animali, lo spermatozoo passa attraverso la membrana limitante dell'uovo, e à luogo una mescolanza tra la sostanza del suo nucleo e la sostanza del nucleo di questo. Ma il fatto importante, che qui principalmente c'interessa di notare, è che con l'unione di questi elementi riproduttivi comincia, o subito o al ritorno di condizioni favorevoli, una nuova serie di cambiamenti di sviluppo. Lo stato di equilibrio, a cui ciascuno era arrivato, è distrutto dalla loro reciproca influenza, e i cambiamenti costruttivi, che erano venuti a termine, ricominciano. Si inizia un processo di moltiplicazione delle cellule; e le cellule risultanti tosto cominciano ad aggregarsi nel rudimento di un nuovo organismo.

Così passando sopra i concomitanti variabili della gamogenesi, e limitando la nostra attenzione a ciò che è costante in essa, vediamo: — che vi è abitualmente, se non universalmente, una fusione di due porzioni di sostanza organica le quali o sono esse stesse individui distinti, o sono distaccate da individui distinti; che queste porzioni di sostanza organica, che singolarmente si distinguono per il loro grado basso di organizzazione, sono giunte a uno stato di quiescenza di struttura o equilibrio; che se esse non si uniscono, questo equilibrio termina nella dissoluzione; ma che mediante la mescolanza di esse l'equilibrio è distrutto, e s'inizia una nuova evoluzione.

§ **78.** Quali sono le condizioni sotto le quali à luogo la genesi? Come accade che alcuni organismi si moltiplicano per omogenesi e altri per eterogenesi? Perchè avviene che dove prevale l'agamogenesi, essa è per solito di quando in quando interrotta dalla gamogenesi? Un esame dei fatti rivela certe conclusioni le quali, se non universali, sono troppo generali per essere prive di significato.

Dove la moltiplicazione si effettua per eterogenesi, noi troviamo in numerosi casi, che l'agamogenesi continua finchè le forze che risultano nell'accrescimento sono molto in eccesso delle forze antagonistiche. Al contrario, troviamo che il ricorso della gamogenesi à luogo quando le condizioni non sono più favorevoli all'accrescimento. In simil maniera dove c'è moltiplicazione omogenetica, i nuovi individui per solito non sono formati mentre gli individui precedenti stanno ancora rapidamente crescendo — ciò è, dove le forze producenti l'accrescimento eccedono in una grande misura le forze opposte; ma la formazione di nuovi individui comincia quando la nutrizione è quasi eguagliata dal consumo. Alcuni pochi dei molti fatti, che sembrano giustificare queste induzioni, devono essere sufficienti.

La relazione nelle piante tra la fruttificazione e l'insufficiente nutrizione (o piuttosto, tra la fruttificazione e quella nutrizione diminuita che rende la crescenza relativamente lenta) fu da lungo tempo affermata da un biologo tedesco — il Wolff, mi si dice. Dopo aver incontrato questa affermazione, io ò esaminato da me stesso i fatti. Il risultato è stato il convincimento, rafforzato da ogni indagine, che una qualche tal relazione esiste. Le piante ad asse unico cominciano a produrre i loro assi laterali, fioriferi, soltanto dopo che l'asse principale à sviluppato la grande massa delle sue foglie, e va mostrando la sua nutrizione diminuita con le foglie più piccole, o gl'internodi più brevi, o l'una cosa e l'altra. Nelle piante a molti assi, due, tre, o più generazioni di assi portanti foglie o d'individui privi di sesso, sono prodotte prima che si mostrino individui capaci di portar seme. Quando dopo questa prima fase di rapido accrescimento e di moltiplicazione agamogenetica, sorgono alcuni individui gamogenetici, ciò accade dove la nutrizione è minore; — non sull'asse principale, o su assi secondari, o anche su assi terziari, ma su assi che sono i più lontani da i canali che provvedono il nutrimento. Ancora, un asse fiorifero è comunemente meno voluminoso de gli altri: o molto più corto o, se lungo, molto più sottile. E inoltre, è un asse di cui gl'internodi terminali non sono sviluppati: gli organi fogliari, che invece di diventare foglie diventano sepali e petali e

stami, si seguono l'un l'altro in stretta successione, invece di essere separati da porzioni dell'asse tuttora crescente. Un altro gruppo di prove ci si presenta quando osserviamo le variazioni nella produzione delle frutta, che accompagnano le variazioni di nutrizione nella pianta considerata come un tutto. Oltre a trovare, come sopra, che la gamogenesi comincia soltanto quando l'accrescimento è stato arrestato per l'estendersi delle parti più remote a qualche distanza dalle radici, troviamo che la gamogenesi è indotta in una fase anteriore a quella solita con l'arresto della nutrizione. Si fanno fruttificare gli alberi, mentre sono ancora piccolissimi, tagliando le loro radici o mettendoli in vasi; e i rami lussureggianti in cui è stata diminuita la circolazione del succo, con l'operazione che i giardinieri chiamano « cerchiare », cominciano a produrre germogli di fiori invece che germogli di foglie. Inoltre, è da osservare che alberi i quali, fiorendo presto nell'anno, sembrano mostrare una relazione diretta tra la gamogenesi e l'aumento di nutrizione, realmente mostrano il contrario; poichè in tali alberi le gemme dei fiori si formano nell'autunno. Quella struttura, che determina queste gemme nella forma d'individui sessuali, è data quando la nutrizione va declinando. Al contrario, una nutrizione assai alta nelle piante impedisce o arresta la gamogenesi. È notorio che una ricchezza insolita di suolo, o una quantità troppo grande di letame, risulta in una produzione continua di germogli produttori di foglie o privi di sesso; e un simile risultato accade quando l'abbattimento di un albero, o di una gran parte di esso, è seguìto dalla produzione di nuovi germogli: questi, forniti di un eccesso di succo, sono lussureggianti e privi di sesso. Oltre a essere impedite di produrre individui con sesso per la eccessiva nutrizione, le piante sono, per la eccessiva nutrizione, indotte a cambiare gl'individui sessuali, ch'esse erano sul punto di produrre, in individui privi di sesso. Questo arresto della gamogenesi si può vedere in varie fasi. L'esempio familiare di fiori resi sterili dalla trasformazione dei loro stami in petali ci mostra il più basso grado di questa metamorfosi rovesciata. Dove i petali e gli stami sono parzialmente mutati in foglie verdi, il ritorno verso la struttura agamogenetica è più spiccato; ed è ancor più spiccato quando, come accade qualche volta in piante crescenti in modo lussureggiante, nuovi assi fioriferi, e anche assi portatori di foglie, crescono fuori dai centri dei fiori (1). La struttura anatomica del-

---

(1) Tra i vari esempi che io ò osservato, i più notevoli erano tra le Digitali, che crescono in gran numero e di grosso volume in un bosco tra Whatstandwell Bridge e

l'asse sessuale offre prove corroborative: dando l'impressione, come fa, di un asse abortito senza sesso. Oltre a mancare di quegl'internodi che l'asse portatore di foglie comunemente possiede, l'asse fiorifero differisce per l'assenza di assi laterali rudimentali. In un germoglio fogliato l'asse di ogni foglia per solito contiene una piccola gemma, che può o no svilupparsi in un germoglio laterale; ma benchè i petali di un fiore siano omologhi con le foglie, essi non portano gemme omologhe alla loro base. Ordinariamente, pure, le appendici foliacee degli assi sessuali sono molto più piccole de gli assi privi di sesso — gli stami e i pistilli specialmente, che sono gli ultimi formati, sono estremamente rimpiccioliti; e può essere che l'assenza della clorofilla dalle parti della fruttificazione sia un fatto di analogo significato. Inoltre, la formazione del vaso dei semi sembra essere una conseguenza diretta di

---

Crich, nel Derbyshire. In un caso il fiore più basso sullo stelo conteneva, in luogo di un pistillo, un germoglio o picciuolo di gemme di fiori, simili nella struttura alle gemme embrionali del picciuolo principale. Su di esso io contai diciassette gemme, di cui la prima aveva tre stami, ma era altrimenti normale; la seconda ne aveva tre; la terza, quattro; la quarta, quattro, ecc. Un'altra pianta, avente mostruosità più svariate, presentava con egual chiarezza un eccesso di nutrizione. Le seguenti sono le note ch'io presi della sua struttura: — il 1° fiore, cioè il più basso sullo stelo, assai grande; il calice contenente otto divisioni, una parzialmente trasformata in una corolla, e un'altra trasformata in una piccola gemma con brattea (questa gemma consisteva di un calice con cinque partizioni, quattro antere sessili, un pistillo, e una corolla rudimentale); la corolla del fiore principale, che era completo, conteneva sei stami, tre dei quali portavano antere, due altri erano piatti e colorati, e uno rudimentale; non v'era pistillo, ma, *in luogo di esso*, una grossa gemma, consistente di un calice con tre partizioni di cui due erano tinte alle estremità, una corolla imperfetta segnata internamente con le solite macchie rosse e i soliti peli, tre antere sessili su questa corolla mal formata, un pistillo, un vaso di semi con ovuli, e, crescente accanto ad essa, un'altra gemma la cui struttura era indistinta. Il 2° fiore, grande; calice di sette divisioni, una trasformata in una gemma con brattea, ma assai più piccola dell'altra; la corolla grande ma spaccata lungo la cima; sei stami con antere, pistillo, e vaso dei semi. Il 3° fiore, grande; calice diviso in sei parti, corolla spaccata, con sei stami, pistillo, e vaso dei semi, con un secondo pistillo mezzo dischiuso al suo apice. Il 4° fiore, grande; diviso lungo la cima, sei stami. Il 5° fiore, grande; la corolla divisa in tre parti, sei stami. Il 6° fiore, grande; il la corolla spaccata, il calice diviso in sei parti, il resto del fiore normale. Il 7°, e tutti i fiori successivi, normali.

Mentre questo capitolo è sotto revisione, un'altra illustrazione notevole mi è stata fornita da un pero attaccato a un muro. Questo pero si ricoperse nella primavera di lussureggianti germogli diretti in avanti. Come appresi dal giardiniere, esso era stato tagliato precisamente quando stava per venir fuori il frutto. Un grande eccesso di succo fu spinto così in altri rami, col risultato che in una quantità di essi le giovani pere erano rese mostruose per reversione. In alcuni casi, invece dei sepali disseccati alla cima della pera, erano prodotte foglie di buone dimensioni; e in altri casi il centro della pera, che porta i semi, era trasformato in una crescenza che si prolungava attraverso la cima della pera nella forma di un nuovo germoglio.

un arresto di nutrizione. Se si prenda un dito inguantato per rappresentare un germoglio in via di accrescimento (considerando il dito come la parte interna del germoglio e il guanto come gli strati periferici di meristema e tessuto giovane, in cui à luogo il processo di accrescimento), e si supponga che vi sia una diminuzione nella provvista del materiale per l'accrescimento, allora sembra una giusta conclusione che l'accrescimento cesserà da prima all'apice dell'asse rappresentato dall'estremità del dito del guanto; e supponendo che l'accrescimento continui in quelle parti de gli strati periferici di tessuto giovane che sono più vicine alla provvista di nutrimento, la loro ulteriore estensione longitudinale condurrà alla formazione di una cavità alla estremità del germoglio, simile a quella che risulta in un dito di guanto quando il dito è parzialmente ritirato e il guanto si attacca alla punta di esso. Donde sembra che questo capovolgimento in dentro del meristema dell'apice si possa considerare come dovuto a una insufficienza di nutrizione, e che gli ovuli crescenti dalla sua superficie capovolta (la quale sarebbe stata la sua superficie esterna senza il difetto di nutrizione) siano omologhi estremamente abortiti delle appendici esterne: poichè tanto essi quanto i grani di polline sono o morfologicamente o letteralmente affatto terminali, e gli ultimi mostrano con la loro deiscenza l'esaurimento della forza organizzatrice (1).

Quelle specie di animali che si moltiplicano per eterogenesi, ci presentano una relazione parallela tra il ricorrere della gamogenesi e il ricorrere delle condizioni che impediscono un rapido accrescimento: al

---

(1) Come parziale verificazione di ciò, il Sig. Tansley scrive: — « Il Professore Klebs di Basilea à mostrato che nell'*Hydrodictyon*, i gameti possono essere prodotti soltanto dalle cellule di una rete quando queste ànno superato un certo volume e una certa età; e allora soltanto sotto condizioni sfavorevoli all'accrescimento, come sarebbe una luce debole o povertà di sali inorganici nutritivi o assenza di ossigeno o una bassa temperatura nell'acqua contenente la pianta. La presenza di sostanze organiche, specialmente zucchero, agisce altresì come uno stimolo alla formazione di gameti, e questo è anche il caso nella *Vaucheria*. Molte altre Alghe producono gameti sopra tutto alla fine della stagione vegetativa, quando il nutrimento è certamente difficile a ottenere nel loro ambiente naturale, e noi possiamo ben supporre che il loro potere assimilatore va declinando. Dove, tuttavia, com'è il caso nella *Vaucheria*, la pianta dipende per la propagazione sopra tutto dalla produzione di uova fecondate, noi troviamo gli organi sessuali spesso prodotti in condizioni assai favorevoli allo sviluppo vegetativo, in opposizione a quei casi, come sarebbe l'*Hydrodictyon*, dove il mezzo principale di propagazione è mediante le zoospore. Così che accanto al principio sopra svolto, e in una certa misura in contrasto con esso, abbiamo un manifesto adattamento della produzione delle cellule riproduttive alle circostanze speciali del caso ».

meno, ciò è dimostrato dove gli esperimenti ànno gettato luce sulla connessione tra causa ed effetto; cioè tra gli Afidi. Questi esseri, che vengono fuori da uova nella primavera, si moltiplicano per agamogenesi, che in questo caso è partenogenesi, durante l'estate. Quando la stagione si fa fredda e le piante non offrono più un succo abbondante, si producono maschi e femmine perfetti; e dalla gamogenesi risultano uova fecondate. Ma oltre a queste prove, ne abbiamo altre molto più conclusive. Poichè è stato dimostrato che la rapidità dell'agamogenesi è proporzionata al calore e alla nutrizione, e che se la temperatura e la provvista del cibo siano artificialmente mantenute, l'agamogenesi continua durante l'inverno. Anzi di più — essa non solo continua, sotto queste condizioni, durante un inverno, ma la si è vista continuare per quattro anni successivi: producendosi così circa quaranta o cinquanta generazioni prive di sesso. E coloro che ànno investigato la questione non scorgono alcuna ragione per dubitare della continuazione indefinita di questa moltiplicazione agamogenetica, fino a tanto che le esigenze esterne siano debitamente adempite. Una prova di un altro genere, complicata da influenze speciali, è fornita dalla eterogenesi della *Daphnia* — un piccolo crostaceo comunemente conosciuto col nome di pulce dell'acqua, che abita fossi e pozzanghere. Dalla natura del suo ambiente questo piccolo essere è esposto a condizioni assai variabili. Oltre a essere gelate nell'inverno, le piccole quantità di acqua in cui esso vive sono spesso eccessivamente riscaldate dal sole estivo, o asciugate da una lunga siccità. Siccome le circostanze favorevoli alla vita e allo sviluppo della *Daphnia* sono in tal guisa soggette a interruzioni le quali, nel nostro clima, ricorrono con una regolarità irregolare, noi possiamo, in conformità della ipotesi, aspettarci di trovare che la gamogenesi si ripresenta col declinare della prosperità fisica e che il suo ripresentarsi è molto variabile. Io adopero apposta l'espressione « declinare della prosperità fisica »; poichè l'espressione « declinare della nutrizione », misurando questa dalla provvista del cibo, non copre tutte le condizioni. Ciò è dimostrato da gli esperimenti di Weismann (scelti per me dal Sig. Cunningham), il quale trovò che in varie *Daphnidae* che procreano uova giacenti, la riproduzione sessuale e quella asessuale procedono simultaneamente, come anche separatamente, nella primavera e nell'estate: questi risultati variabili essendo adattati alle variabili condizioni. Infatti non solo questi esseri sono soggetti a morire per mancanza di cibo, per il freddo dell'inverno, e per il disseccarsi dei loro pantani, ecc., come anche per l'eccessivo riscaldamento di questi,

ma durante questo periodo di riscaldamento eccessivo essi sono soggetti a morire per quella disossigenazione dell'acqua che il calore produce. Manifestamente siccome le condizioni favorevoli e sfavorevoli ricorrono in combinazioni che sono raramente simili due volte, ad esse non può corrispondere alcuna forma di eterogenesi regolarmente ricorrente; ed è interessante vedere come la sopravvivenza dei più adatti abbia stabilito una forma mista. Nella primavera, come anche nell'autunno, vi à in alcuni casi una formazione di uova giacenti o invernali; ed evidentemente queste provvedono contro l'estinzione della intera popolazione a causa della siccità estiva. Intanto, per mezzo dei maschi e delle femmine ordinarie vi à una produzione di uova di estate, atte a resistere all'asciugamento causato dalla siccità in attesa della nuova provvista di acqua. E durante tutto questo tempo le generazioni successive di femmine partenogenetiche effettuano una rapida moltiplicazione finchè le condizioni lo permettono. Siccome la vita e la crescenza sono impedite o arrestate non solo per mancanza di cibo, ma per altre condizioni sfavorevoli, noi possiamo comprendere come il cambiamento di una o più di queste può iniziare una o un'altra forma di genesi, e come la mescolanza di esse può cagionare un modo misto di moltiplicazione il quale, originariamente iniziato da cause esterne, diventa per eredità e selezione un carattere della specie (1). E poi per provare che le cause esterne iniziano queste peculiarità, abbiamo il fatto che in certe *Daphnidae*, « le quali vivono in luoghi dove l'esistenza e la parteno-

---

(1) Questo stabilirsi, per la sopravvivenza dei più adatti, di processi riproduttivi conformi a condizioni variabili, è indirettamente elucidato dalle abitudini del salmone. Siccome i salmoni prosperano nel mare e vanno a trovarsi in cattive condizioni nell'acqua dolce (non avendo durante la loro vita marina esercitato l'arte di prendere preda d'acqua dolce), la conseguenza è che la specie profitterebbe se tutti gl'individui salissero su per i fiumi precisamente prima del tempo della deposizione delle uova nel novembre. Perchè dunque la maggior parte di essi sale in su durante molti mesi precedenti? La considerazione delle difficoltà che si oppongono al raggiungimento dei luoghi di deposizione offrirà, io credo, una spiegazione. Ci sono cascate da superare e correnti con acqua poco profonda da ascendere. Questi ostacoli non possono essere sormontati quando il fiume è basso. Un pesce che parte presto nella stagione à maggiori probabilità di andare oltre le cascate e le correnti, che un altro il quale parte più tardi; e pur essendo in cattive condizioni, esso può depositare le uova, benchè non favorevolmente. Da l'altro lato, un pesce che parte nell'ottobre, se le piene avvengono in modo opportuno, può raggiungere le acque superiori e là depositare con gran vantaggio; ma se mancano piogge sufficienti, esso può essere affatto impossibilitato a raggiungere i luoghi di deposizione. Quindi la specie profitta per una irregolarità di abitudini adatte a far fronte alla irregolarità dei casi.

genesi sono possibili durante tutto l'anno, il periodo sessuale è scomparso »: non vi sono maschi.

Passando ora ad animali i quali si moltiplicano per omogenesi — animali in cui l'intero prodotto di un germe fecondato si aggrega intorno a un singolo centro o asse, invece che intorno a molti centri o assi — vediamo, come prima, che fino a tanto che le condizioni permettono un rapido aumento nella massa di questo prodotto del germe, la formazione di nuovi individui per gamogenesi non à luogo. Solo quando l'accrescimento va declinando nella rapidità relativa, cominciano ad apparire cellule spermatiche e cellule germinali perfette; e la più piena attività della funzione riproduttiva sorge a misura che l'accrescimento cessa: parlando generalmente, almeno; poichè quantunque questa relazione sia abbastanza definita negli ordini più elevati di animali che si moltiplicano per gamogenesi, essa è meno definita ne gli ordini più bassi. L'ammetter ciò non milita contro l'ipotesi, come sembra; poichè la indeterminatezza della relazione si verifica dove il limite di accrescimento è comparativamente indeterminato. Vedemmo (§ 46) che tra gli esseri attivi, a sangue caldo, come sarebbero i mammiferi e gli uccelli, l'inevitabile equilibrio dell'assimilazione col dispendio stabilisce, per ciascuna specie, dimensioni adulte quasi uniformi; e tra queste specie di esseri (specialmente gli uccelli, in cui questo effetto restrittivo del dispendio è più cospicuo), la connessione tra la cessazione dello sviluppo e il principio della riproduzione è distinto. Ma noi vedemmo altresì (§ 46) che dove, come nel coccodrillo e nel luccio, le condizioni e le abitudini di vita sono tali che il dispendio non supera l'assimilazione col crescere del volume, non vi à alcun limite preciso di sviluppo; e in esseri che si trovano in simili circostanze possiamo naturalmente aspettarci di trovare una relazione comparativamente indeterminata tra il declinare dello sviluppo e l'inizio della riproduzione (1). Vi à, invero, tra i pesci al meno un caso che sembra molto anomalo. Si dice che il salmone maschio giovane, un pesce della

---

(1) Io devo al Sig. Lubbock (adesso Sir John) una conferma importante di questa dottrina. Dopo avere affermato la sua opinione che tra i Crostacei e gl'Insetti esiste una relazione fisiologica analoga a quella che esiste tra i vertebrati d'acqua e i vertebrati di terra, egli mi fece notare che mentre tra gl'Insetti vi à un limite definito di accrescimento, e un concomitante principio definito di riproduzione, tra i Crostacei, dove l'accrescimento non à alcun limite definito, non vi è una relazione definita tra il principio della riproduzione e la diminuzione o l'arresto di accrescimento.

lunghezza di quattro o cinque pollici, produca latte. Non avendo in questa prima fase del suo sviluppo la centesima parte del peso di un salmone pienamente sviluppato, come può la sua produzione di latte accordarsi con la legge generale addotta? La risposta dev'essere in gran misura ipotetica. Se il salmone è (come appare essere nel suo stato giovane) una specie di trota d'acqua dolce che à contratto l'abitudine di migrare ogni anno al mare, dove essa trova cibo col quale può prosperare — se il volume originario di questa specie non è molto più grande di quello del salmone giovane (che è quasi così grosso come alcune varietà di trota) — e se il limite di accrescimento nella tribù delle trote è assai indefinito, come sappiamo ch'esso è; allora possiamo ragionevolmente inferire che il salmone giovane à pressochè la forma e le dimensioni adulte che questa specie di trote aveva prima ch'essa acquistasse la sua abitudine migratoria; e che questa produzione di latte è, in tal caso, un concomitante del declinare incipiente dello sviluppo, che naturalmente sorge nella specie quando vive sotto le condizioni della specie progenitrice. Se così fosse, l'immenso sviluppo successivo del salmone giovane nel salmone adulto, risultante da una facilità improvvisamente accresciuta nell'ottenere cibo, rimuove a una grande distanza il limite in cui l'assimilazione è bilanciata dal dispendio; e à l'effetto, analogo a quello prodotto nelle piante, di arrestare l'incipiente processo riproduttivo. Una conferma di questa dottrina si può trarre dal fatto che quando il salmone giovane, dopo la sua prima migrazione al mare, ritorna all'acqua dolce, avendo aumentato in pochi mesi da un pajo di once a cinque o sei libbre, esso non mostra più alcuna attitudine alla propagazione: il salmone immaturo non produce latte o uova.

Concludiamo, dunque, che i prodotti di un germe fecondato continuano ad accumularsi per semplice accrescimento, fino a tanto che le forze donde l'accrescimento risulta sono molto in eccesso delle forze antagonistiche; ma che quando una diminuzione nel primo gruppo di forze, o un aumento nell'altro, cagiona un abbassamento considerevole in questo eccesso e un'approssimazione verso l'equilibrio, i germi fecondati sono novamente prodotti. Se il prodotto del germe si organizzi intorno a un asse unico o intorno ai molti assi che sorgono per agamogenesi, non importa. E nè pure importa se, come ne gli animali più elevati, questa approssimazione all'equilibrio risulti da quell'aumento sproporzionato del consumo, che deriva dall'aumento del volume; o se, come nella maggior parte delle piante e in molti animali inferiori, risulti

da un abbassamento assoluto o relativo di nutrizione. In ogni caso il ricorrere della gamogenesi è associato con una diminuzione nell'eccesso della forza produttrice di tessuto. Noi non possiamo dire, in vero, che questa diminuzione risulti sempre nella gamogenesi: alcuni organismi si moltiplicano per un periodo indefinito per agamogenesi soltanto. Il Salice piangente, che è stato propagato in tutta l'Europa, non vi fa seme; e pure, siccome il Salice piangente, con le sue vaste dimensioni e il moltiplicarsi di numerose generazioni di assi laterali, presenta le stesse cause d'insufficiente nutrizione locale come gli altri alberi, noi non possiamo attribuire la mancanza di assi sessuali al predominio continuato della nutrizione. Tra gli animali pure, il caso anomalo delle *Tineidae*, un gruppo di farfalle in cui la moltiplicazione partenogenetica continua per molte generazioni, sembra implicare che la gamogenesi non risulti necessariamente da un equilibrio approssimativo tra l'assimilazione e il consumo. Ciò che noi dobbiamo dire è che un'approssimazione verso l'equilibrio tra le forze che cagionano l'accrescimento e le forze che ad esso si oppongono, è la condizione principale del ricorrere della gamogenesi; ma che sembrano esservi altre condizioni, mancando le quali l'approssimazione all'equilibrio non è seguìta da gamogenesi.

§ **79.** L'induzione precedente è una risposta approssimativa alla questione — *Quando* si presenta la gamogenesi? ma non alla questione che fu proposta — *Perchè* si presenta la gamogenesi? — *Perchè* non può la moltiplicazione effettuarsi in tutti i casi, come si effettua in molti casi, per agamogenesi? Come si è già detto, la scienza biologica non è ancora progredita abbastanza per replicare. Intanto, le prove sopra raccolte insieme suggeriscono una certa risposta ipotetica.

Vedendo, da un lato, che la gamogenesi si presenta soltanto in individui che vanno avvicinandosi a uno stato di equilibrio organico; e vedendo, da l'altro lato, che le cellule spermatiche e le cellule germinali derivanti da tali individui sono cellule in cui i cambiamenti di sviluppo ànno avuto termine nella quiescenza, ma in cui, dopo la loro unione, sorge un processo di attiva formazione di nuove cellule; noi possiamo supporre che l'approssimazione verso uno stato di equilibrio generale in tali individui gamogenetici sia accompagnata da una approssimazione verso l'equilibrio molecolare in essi; e che la necessità di questa unione della cellula spermatica e della cellula germinale rappresenti la necessità di distruggere questo equilibrio, e di ristabilire un

attivo cambiamento molecolare nel germe distaccato — un risultato probabilmente prodotto col mescolare le unità fisiologiche lievemente differenti d'individui lievemente differenti. I diversi argomenti che appoggiano questa dottrina non possono essere esposti in modo sodisfacente se non dopo aver trattato le questioni dell'Eredità e della Variazione. Lasciandola per adesso, io mi propongo in seguito di riprenderla in considerazione in rapporto con parecchie altre questioni sollevate dai fenomeni della Genesi.

Ma prima di terminare il capitolo, sarà bene notare le relazioni tra questi differenti modi di moltiplicazione e le condizioni di esistenza, nelle quali essi sono rispettivamente abituali. Mentre la spiegazione del teleologo non è vera, essa rappresenta spesso un aspetto reciproco della verità; poichè se bene, secondo l'ipotesi dell'Evoluzione, è chiaro che le cose non sono disposte in una data maniera per assicurare fini speciali, è altresì chiaro che tendono a stabilirsi disposizioni le quali assicurano *effettivamente* questi fini speciali — si stabiliscono mediante il loro adempimento di questi fini. Oltre ad assicurare una conformità di struttura tra ciascuna specie di organismo e le circostanze in cui esso vive, l'opera della «selezione naturale» assicura altresì una conformità tra il modo e il grado di moltiplicazione di ciascuna specie di organismo e le circostanze della sua esistenza. Noi possiamo, per ciò, senza alcuna presupposizione teleologica, considerare la conformità dell'omogenesi e dell'eterogenesi ai bisogni delle differenti classi di organismi che le manifestano.

L'eterogenesi prevale tra gli organismi il cui nutrimento, benchè abbondante paragonato col loro consumo, è disperso in tal modo ch'esso non può essere appropriato tutto in una volta. I Protofiti, che sussistono di gas diffusi e di materia organica decomponentesi in uno stato di suddivisione minuta, e i Protozoi, ai quali il nutrimento viene nella forma di particelle galleggianti estremamente piccole, sono posti in grado, in virtù della loro rapida moltiplicazione agamogenetica, di ottenere materiali per l'accrescimento meglio che non li otterrebbero se essi non si dividessero così continuamente e si disperdessero nella ricerca del cibo. Le piante più elevate, che ànno per nutrimento l'acido carbonico dell'aria e certi elementi minerali del suolo, ci mostrano modi di moltiplicazione adatti alla più completa utilizzazione di queste sostanze. Un'erba con ben poco potere di formare la fibra legnosa richiesta per costituire uno stelo che possa sostenere rami estesi, dopo aver prodotto alcuni assi privi di sesso, produce assi sessuali; e conserva la sua razza

meglio mediante la pronta dispersione di semi che ne risulta, che mediante una ulteriore produzione di assi privi di sesso. Ma un albero capace di sollevare le sue generazioni successive di assi privi di sesso in alto nell'aria, dove ciascuno prende acido carbonico e luce quasi così liberamente come se crescesse da sè, può continuare con vantaggio per molti anni a produrre assi senza sesso; poichè con ciò accresce il suo potere successivo di produrre questi assi. Intanto esso può vantaggiosamente trasformare in portatori di semi quegli assi i quali, in conseguenza del loro accesso meno diretto ai materiali assorbiti dalle radici, sono manchevoli nella loro nutrizione; poichè così esso getta via da un punto, in cui il sostentamento è deficiente, un gruppo migrante di germi che possono trovare sostentamento altrove. L'eterogenesi offerta da animali del tipo dei Celenterati à evidentemente la stessa utilità. Un'Idra, nutrendosi di anellidi e crostacei minuti i quali, vagando attraverso l'acqua, vengono a contatto dei suoi tentacoli, e limitata a quella quantità di preda che il caso mette alla sua portata, procrea per gemmazione giovani idre, le quali, o come una colonia o come individui dispersi, estendono i loro tentacoli attraverso uno spazio di acqua maggiore di quello accessibile al genitore; e col produrli, il genitore assicura la continuazione della sua specie meglio che non farebbe se andasse lentamente crescendo finchè la sua nutrizione fosse quasi equilibrata dal suo consumo, e poi si moltiplicasse per gamogenesi. Similmente dicasi dell'Afide. Vivendo del succo succhiato da teneri germogli e foglie, e capace così di attirarne a sè soltanto una quantità assai piccola in un tempo dato, la razza di quest'essere à maggior probabilità di essere conservata mediante una rapida propagazione asessuale di piccoli individui, che si disperdono sopra un'ampia area, di quella che avrebbe se lo sviluppo individuale continuasse in modo da produrre grossi individui moltiplicantisi sessualmente. E poi quando il freddo autunnale e la diminuzione della provvista del succo mettono un ostacolo allo sviluppo, il ricorrere della gamogenesi, o produzione di uova fecondate che rimangono dormienti durante l'inverno, è più favorevole alla conservazione della razza che non sarebbe una ulteriore continuazione dell'agamogenesi. Dall'altro lato, tra gli animali più elevati viventi di cibo il quale, benchè disperso, è più o meno aggregato in grandi masse, questo alternarsi della riproduzione gamica e agamica cessa di essere utile. Lo sviluppo del prodotto del germe in un singolo organismo di volume considerevole è in molti casi una condizione senza la quale queste grandi masse di nutrimento non potrebbero essere appropriate; e qui la forma-

zione di molti individui invece di un solo sarebbe fatale. Ma noi vediamo ancora i benefici risultati della legge generale — la posposizione della gamogenesi finchè il grado di accrescimento continua a declinare. Infatti fino a tanto che il grado di accrescimento continua ad essere rapido, si può provare che l'organismo prende cibo con facilità — che il dispendio non pone un grave ostacolo all'accumulazione; e che le dimensioni raggiunte non sono per ora svantaggiose: o piuttosto, in vero, ch'esse sono vantaggiose. Ma quando il grado di accrescimento è molto diminuito per l'aumento del dispendio — quando l'eccesso della forza assimilatrice va diminuendo così velocemente da indicare la sua prossima scomparsa — diventa necessario, per la conservazione della specie, che questo eccesso sia volto alla produzione di nuovi individui; poichè, se l'accrescimento continuasse finchè vi fosse un equilibrio completo tra l'assimilazione e il dispendio, la produzione di nuovi individui sarebbe o impossibile o fatale al genitore. Ed è chiaro che la « selezione naturale » tenderà continuamente a determinare il periodo in cui comincia la gamogenesi, in modo tale da favorire quanto più è possibile la conservazione della razza.

Qui, pure, si può opportunamente far notare il fatto che, per « selezione naturale », si produrrà in ogni caso la proporzione più vantaggiosa di maschi e femmine. Se le condizioni della vita rendono l'ineguaglianza numerica dei sessi benefica alla specie, sia rispetto al numero della prole sia rispetto al carattere di essa, allora, quale varietà della specie, che si avvicinano più di altre varietà verso questo grado benefico d'ineguaglianza, saranno atte a sostituirsi ad altre varietà. E al contrario, dove l'eguaglianza nel numero dei maschi e delle femmine è benefica, l'equilibrio sarà mantenuto mediante l'estinzione di quelle varietà le quali producono una prole nella quale i sessi non si bilanciano tra loro.

Nota. — Quelle alterazioni nell'esposizione in questo capitolo, che sono state rese necessarie dal progresso delle cognizioni biologiche dal 1864 in poi, non tendono, io credo, a invalidare le sue tesi principali, ma tendono a verificarle. Alcune spiegazioni da aggiungersi qui possono rimuovere le difficoltà rimanenti.

Certi tipi, che sono di transizione tra i Protozoi e i Metazoi, offrono nella sua forma più semplice la relazione tra la propria conservazione e la conservazione della razza — quella effettuata anzi tutto dalla integrazione e questa anzi tutto dalla disintegrazione. Tra i Mycetozoi un certo numero d'individui simili ad amebe si aggregano in ciò che si chiama un plasmodio; e mentre, in alcuni ordini, essi diventano fusi in una massa di protoplasma attraverso la quale sono dispersi i loro nuclei, in altri ordini (*Sorophora*) essi conservano le loro individualità e formano semplicemente un aggregato coerente. Questi

ultimi, presumibilmente i primissimi nell'ordine di evoluzione, rimangono uniti fino a tanto che il plasmodio, avendo un piccolo potere di locomozione, promuove la nutrizione generale; ma quando ciò è impedito dalla siccità o dal freddo, sorgono spore. Ciascuna spora contiene un individuo ameboide; e questo, sfuggendo quando ritornano le condizioni favorevoli, stabilisce mercè la scissione e l'unione con altri simili a sè una nuova colonia o plasmodio. Ridotto a' suoi infimi termini, vediamo qui l'antagonismo tra quello sviluppo della massa coerente di unità che accompagna la sua prosperità fisica, e quella incoerenza e dispersione delle unità che segue a condizioni sfavorevoli e all'arresto di sviluppo, e che tosto inizia nuovi plasmodii.

Tale antagonismo, osservato in questi Metazoi incipienti i quali nulla ci mostrano di quella organizzazione che caratterizza i Metazoi in generale, è ovunque in forme più o meno travestite offerto da essi — e così necessariamente deve essere se lo sviluppo dell'individuo è un processo d'integrazione, mentre la formazione di nuovi individui è un processo di disintegrazione. E, primieramente, ne consegue che tutto ciò che promuove l'uno impedisce l'altro.

Ma ora, mentre riconosciamo la verità che la nutrizione e la deficienza di nutrizione (usando queste parole per designare non la provvista di nutrimento soltanto, ma la presenza di altre influenze favorevoli o sfavorevoli ai processi vitali) determinano primieramente l'avvicendarsi di questi; abbiamo altresì da riconoscere la verità che fin dall'inizio la sopravvivenza dei più adatti è andata stabilendo le forme e gli effetti del loro antagonismo. Per eredità un'abitudine fisiologica, la quale modifica la forma dell'antagonismo in un modo favorevole alla specie, diventerà stabilita. Specialmente sarà questo il caso dove la vita de gl'individui è divenuta relativamente definita e dove si sono svolti organi speciali per espellere centri riproduttivi. Il ritmo fisiologico risultante può in tali casi diventare così pronunciato da oscurare grandemente la relazione primitiva. Fra le piante vediamo ciò nel fatto che quelle le quali sono state trasferite da un luogo ad un altro avente stagioni ampiamente diverse, per molto tempo continuano ad avere il loro tempo originario di fioritura, benchè sia non appropriato alle nuove circostanze — la periodicità riproduttiva è divenuta organica. Similmente in ciascuna specie di animale più elevato, lo sviluppo de gli organi riproduttivi e la maturazione delle cellule riproduttive ànno luogo in una età fissa, siano state le condizioni favorevoli o sfavorevoli alla prosperità fisica. La tendenza costituzionale stabilita, adattata ai bisogni della specie, prevale sui bisogni costituzionali dell'individuo.

Anche qui, tuttavia, l'antagonismo primitivo, benchè molto oscuramente, qualche volta si manifesta. Lo mostra il fatto che in piante nelle quali la gamogenesi sta per cominciare, un improvviso eccesso di nutrizione cagionerà una ripresa dell'agamogenesi; e io immagino che una illustrazione si può trovare fra gli esseri umani nello stabilirsi più presto della funzione riproduttiva tra i poveri mal nutriti che tra i ricchi ben nutriti.

Vi è da aggiungere un'altra limitazione. Nelle piante e ne gli animali i quali sono così definitamente costituiti che in una fase approssimativamente fissa, la proclività verso la produzione di nuovi individui diventa pronunciata, naturalmente accade che una buona nutrizione la promuove. Siccome il maggior nutrimento è volto nel canale riproduttivo, la riproduzione è tanto più efficace quanto più grande è il soprappiù. Di qui il fatto che ne gli alberi da frutto i quali ànno raggiunto la fase della fioritura, la concimazione à l'effetto che, quantunque non accresce la quantità delle gemme, essa accresce la quantità dei frutti; e di qui il fatto che le razze di uomini ben nutrite e conducenti una vita facile sono prolifiche.

CAPITOLO VIII.

Eredità.

§ **80.** Già, ne gli ultimi due capitoli, la legge della trasmissione ereditaria è stata tacitamente supposta; come, in vero, lo è inevitabilmente in tutte le discussioni di questo genere. Intesa nella sua interezza, la legge è che ciascuna pianta o animale, se riproduce, dà origine ad altri organismi simili a sè: la somiglianza consistendo non tanto nella ripetizione dei caratteri individuali quanto nell'assumere la stessa struttura generale. Questa verità è stata resa così familiare da gli esempi quotidiani da aver quasi perduto la sua importanza. Che il grano produce grano — che i buoi esistenti sono discesi da buoi progenitori — che ogni organismo svolgentesi da ultimo prende la forma della classe, dell'ordine, del genere, e della specie, da cui esso sorse; è un fatto che, a forza di ripetizioni, à acquistato nelle nostre menti quasi l'aspetto di una necessità. È in questo, tuttavia, che l'Eredità si manifesta principalmente: poichè le manifestazioni di essa comunemente ricordate sono affatto subordinate. E, così intesa, l'Eredità è universale. I vari casi di eterogenesi poco fa considerati sembrano, in vero, essere in contrasto con questa affermazione. Ma essi realmente non lo sono. Benchè il ricorrere di forme simili sia, in questi casi, non diretto ma ciclico, pure le stesse forme ricorrono; e, quando son prese insieme, il gruppo di forme prodotte durante uno dei cicli è tanto simile ai gruppi prodotti nei cicli precedenti, quanto il singolo individuo sorgente per omogenesi è simile a gli individui antenati.

Mentre, tuttavia, la verità generale che gli organismi di un dato tipo uniformemente discendono da organismi del medesimo tipo, è così

bene stabilita da infinite illustrazioni da aver assunto il carattere di un assioma, non è universalmente ammesso che le peculiarità non tipiche siano ereditate. Molti seguono una vaga credenza che la legge della Eredità si applichi soltanto a i caratteri principali della struttura e non a i particolari; o, ad ogni modo, che se bene si applichi a quei particolari che costituiscono differenze di specie, essa non si applica a i più piccoli particolari. La circostanza che la tendenza alla ripetizione è in lieve grado modificata dalla tendenza alla variazione (la quale, come vedremo in seguito, non è che un risultato indiretto della tendenza alla ripetizione), induce taluni a dubitare se l'Eredità sia illimitata. Valutando attentamente le prove, tuttavia, e tenendo debitamente conto delle influenze che oscurano le manifestazioni più minute dell'Eredità, questo scetticismo può esser rimosso.

Primo, in ordine d'importanza, viene il fatto che non solo sono unifortemente trasmessi da un organismo alla sua prole quei caratteri di struttura che distinguono la classe, l'ordine, il genere, e la specie; ma altresì quelli che distinguono la varietà. Abbiamo casi numerosi, tanto tra le piante quanto tra gli animali, dove, per condizioni naturali o artificiali, sono state prodotte modificazioni divergenti dalla stessa specie; ed esistono prove abbondanti che i membri di qualunque sotto-specie abitualmente trasmettono ai loro discendenti le loro peculiarità distintive. Agricoltori e giardinieri possono fornire illustrazioni indiscutibili. Si conoscono diverse varietà di grano, ciascuna delle quali si riproduce. Da quando la patata fu introdotta in Inghilterra, si è formata da essa una quantità di sotto-specie; alcune delle quali differiscono grandemente nelle loro forme, dimensioni, qualità, e periodi di maturazione. Lo stesso si può dire altresì dei piselli. E il caso della tribù dei cavoli è spesso citato per mostrare lo stabilirsi permanente di razze che si sono allontanate ampiamente da una stirpe comune. Tra le frutta e i fiori si potrebbe esemplificare senza fine la moltiplicazione delle varie qualità, e la continuazione di ciascuna qualità certamente per agamogenesi, e in una certa misura per gamogenesi. Da tutti i lati si possono raccogliere prove per mostrare una simile persistenza delle varietà tra gli animali. Abbiamo le nostre razze distinte di pecore, le nostre razze distinte di buoi, le nostre razze distinte di cavalli: ciascuna razza conservando le sue caratteristiche. Le molte sorte di cani che, se noi accettiamo il criterio fisiologico, dobbiamo considerare come tutte di un'unica specie, ci mostrano in una maniera spiccata la trasmissione ereditaria di piccole differenze — poichè ciascuna sorta,

quando è tenuta pura, si riproduce non solo nel volume, nella forma, nel colore, e nella qualità del pelo, ma altresì nella disposizione e nel carattere speciale dell'intelligenza. Il pollame, pure, à le sue razze permanentemente stabilite. E dall'isola di Man viene una qualità di gatto senza coda. Anche se mancassero altre prove, quelle che l'etnologia fornisce sarebbero sufficienti. Ammesso ch'esse siano derivate da un'unica stirpe, le varietà umane offrono una quantità di prove che i caratteri non specifici di struttura sono trasmessi di generazione in generazione. O si ammetta soltanto la loro derivazione da stirpi diverse, e noi abbiamo ancora, tra le razze discese da una stirpe comune, distinzioni le quali provano l'ereditarietà delle peculiarità minori. Oltre a vedere che i Negri continuano a produrre Negri, gli uomini dal color di rame a produrre uomini dal color di rame, e le razze dalla pelle bianca a perpetuare le loro pelli bianche — oltre a vedere che il Calmucco dalla faccia larga e dal naso piatto genera figli con facce larghe e nasi piatti, mentre l'Ebreo trasmette alla sua prole i lineamenti che per sì lungo tempo ànno caratterizzato gli Ebrei; noi vediamo che quelle piccole dissomiglianze, che distinguono le varietà di uomini più strettamente affini, sono mantenute di generazione in generazione. In Germania, la forma ordinaria del cranio è apprezzabilmente differente da quella comune nella Gran Brettagna, per quanto affini siano i Germani ai Britanni. La faccia media dell'Italiano continua ad essere diversa dalle facce delle nazioni settentrionali. Il carattere francese, sotto parecchi aspetti, offre ora contrasti, come li offriva molti secoli fa, con i caratteri dei popoli vicini. Anzi, anche tra razze così strettamente connesse come i Celti della Scozia, i Celti del paese di Galles, e i Celti dell'Irlanda, sono divenute stabilite differenze apprezzabili di forma e di natura.

Il fatto che le sotto-specie e le sub-sotto-specie esemplificano in tal guisa la legge generale dell'eredità, che si mostra nella perpetuazione delle peculiarità di ordine, di genere, e di specie, è una forte ragione per credere che questa legge generale sia illimitata nella sua applicazione. Questa credenza à l'appoggio di prove ancor più speciali. Esse si possono dividere in due classi. Nell'una rientrano i casi dove sono trasmesse ai discendenti peculiarità congenite, che non si possono riferire a cause manifeste. Nell'altra rientrano i casi dove le peculiarità così trasmesse non sono congenite, ma sono il risultato di cambiamenti di funzioni avvenuti durante la vita de gl'individui che le trasmettono. Considereremo prima i casi che rientrano nella prima classe.

§ **81.** Si noti anzi tutto il carattere delle testimonianze principali. Escludendo quelle induzioni che sono state così pienamente verificate da stare a paro della scienza esatta, non vi sono altre induzioni così degne di fede come quelle che sono passate attraverso la prova commerciale. Quando abbiamo migliaja d'uomini i cui profitti o le perdite dipendono dalla verità delle loro conclusioni derivate da osservazioni perpetuamente ripetute; e quando troviamo che le loro conclusioni, tramandate di generazione in generazione, ànno generato una convinzione irremovibile; noi possiamo accettarla senza esitare. Ne gli allevatori di animali abbiamo una tale classe, guidata da tali esperienze, e seguente una tale convinzione — la convinzione che le peculiarità minori della organizzazione sono ereditate così come le maggiori peculiarità. Di qui gl'immensi prezzi dati per bravi cavalli da corsa, tori di forme superiori, pecore che ànno certe particolarità desiderate. Di qui l'accurata registrazione delle genealogie dei cavalli e dei cani da caccia di buon sangue. Di qui la cura presa per evitare l'incrocio con razze inferiori. Il Youatt, citato dal Darwin, dice che il principio della selezione « pone in grado l'allevatore non solo di modificare il carattere del suo gregge ma di cambiarlo del tutto ». Lord Somerville, parlando di ciò che gli allevatori ànno fatto per le pecore, dice: — « Sembrerebbe ch'essi avessero disegnato con la calce sopra un muro una forma perfetta in sè e poi le avessero dato esistenza ». Quell'abilissimo allevatore, Sir John Sebright, soleva dire riguardo ai piccioni che « egli produrrebbe una data penna in tre anni, ma che gli bisognerebbero sei anni per ottenere testa e becco ». Frasi queste nelle quali tutte si afferma tacitamente che i caratteri individuali sono trasmessi di generazione in generazione, e che possono essere perpetuati e accresciuti in modo da diventare distinzioni permanenti.

Di casi speciali ve ne sono molti oltre quello della spesso citata razza Otto di pecore, discesa da un singolo agnello dalle gambe corte, e quello del Gratio Kelleia con sei dita, il quale trasmise la sua peculiarità, in gradi differenti, a parecchi de' suoi figli e ad alcuni de' suoi nipoti. In un articolo pubblicato nell'*Edinburgh New Philosophical Journal* del luglio 1863, il Dr. (ora Sir John) Struthers dà casi di variazioni digitali ereditarie. Ester P.—, che aveva sei dita in una mano, trasmise questa mal conformazione lungo alcune linee de' suoi discendenti per due, tre, o quattro generazioni. A— S— ereditò un dito di più in ciascuna mano e in ciascun piede da suo padre; e C— G—, che aveva altresì sei dita ai piedi e sei dita alle mani, aveva una zia

e una nonna similmente formate. Una raccolta di prove pubblicata dal Sig. Sedgwick nella *Medico-Chirurgical Review* di aprile e di luglio 1863, in due articoli su «l'influenza del Sesso nel limitare la Trasmissione Ereditaria», include i casi seguenti: — Agostino Duforet, un pasticcere di Douai, il quale aveva soltanto due invece di tre falangi in tutte le sue dita alle mani e ai piedi, aveva ereditato questa malconformazione dal nonno e dal padre, e l'aveva in comune con uno zio e numerosi cugini. Dal Dr. Lepine è stata data una descrizione di un uomo con soltanto tre dita su ciascuna mano e quattro dita su ciascun piede, e di cui il nonno e il figlio presentavano la stessa anomalia. Béchet descrive Victoire Barré come una donna la quale, al pari del padre e della sorella, non aveva altro che un dito sviluppato su ciascuna mano e due dita su ciascun piede, e la cui mostruosità ricomparve in due figlie. E vi è un caso dove l'assenza di due falangi digitali sulle mani fu seguìta per due generazioni. I vari casi ricordati in cui vi è stata trasmissione da una generazione a un'altra di dita a forma palmipede alle mani e ai piedi, del labbro spaccato, della lussazione congenita della coscia, della mancanza di patella, del piede accorciato, ecc., occuperebbero uno spazio più grande di quello che si può qui risparmiare. I difetti ne gli organi del senso sono altresì non raramente ereditati. Quattro sorelle, la madre loro, e la nonna, sono descritte da Duval come similmente affette da cataratta. Prospero Lucas espone minutamente un esempio di amaurosi che colpì le femmine di una famiglia per tre generazioni. Duval, Graffe, Dufon e altri offrono testimonianza di casi simili venuti sotto la loro osservazione (1). La sordità, pure, è qualche volta trasmessa da padre a figlio. Vi sono sordo-muti le cui imperfezioni sono state ereditate da gli antenati; e certe malconformazioni delle orecchie esterne sono state altresì perpetuate nella prole. Molti casi furono notati di trasmissione di peculiarità della pelle e delle sue appendici. Un caso è quello di una famiglia notevole per le enormi sopracciglia nere; un altro quello di una famiglia in cui ogni membro aveva un ricciolo di capelli di un colore più chiaro del resto sulla cima della testa; e vi sono anche esempi di calvizie congenita divenuta ereditaria. Da uno dei nostri principali scultori ap-

(1) Mentre questo capitolo è in corso di stampa, apprendo dal Sig. White Cooper, che non solo la vista corta, la vista lunga, la vista confusa, e lo strabismo sono ereditarii; ma che una peculiarità della vista limitata ad un occhio è frequentemente trasmessa: riapparendo nello stesso occhio nella prole.

prendo che sua moglie à un neo piatto sotto il piede vicino al dito mignolo, e uno de' suoi figli à lo stesso. La intera mancanza di denti, la mancanza di denti particolari, e disposizione anomale dei denti sono ricordate come caratteri che passarono ai figli. E abbiamo prove che i denti sani e malati sono trasmissibili.

L'eredità di tendenze a certe malattie come la gotta, la tisi e la pazzia è universalmente ammessa. Tra le malattie meno comuni, di cui è stata osservata la trasmissione, sono l'ictiosi, la lebbra, la pitiriasi, i tumori sebacei, la plica polonica, la dipsomania, il sonnambulismo, la catalessi, l'epilessia, l'asma, l'apoplessia, l'elefantiasi. Il nervosismo manifestato dai genitori quasi sempre riappare nei loro figli. Anche una inclinazione verso il suicidio sembra essere qualche volta ereditaria.

§ **82.** Provare la trasmissione di quelle peculiarità di struttura, che sono il risultato di peculiarità funzionali, è, per diverse ragioni, relativamente difficile. I cambiamenti prodotti nelle dimensioni delle parti da cambiamenti nelle loro somme di attività, sono per lo più poco appariscenti. Un muscolo che è cresciuto di volume è per solito così nascosto dal rivestimento naturale o artificiale, che se l'alterazione non è estrema essa passa senza essere osservata. Quegli sviluppi nervosi, che sono possibili nel corso di una singola vita, non si possono vedere esternamente. Le modificazioni viscerali di una specie normale si possono osservare soltanto indistintamente, o non si possono osservare affatto. E se i cambiamenti di struttura operati ne gl'individui da cambiamenti nelle loro abitudini sono in tal guisa difficili a rintracciare, ancor più difficile a rintracciare dev'essere la trasmissione di essi: essendo questa ulteriormente nascosta dalle influenze di altri individui che sono spesso altrimenti modificati da altre abitudini. Inoltre, quei caratteri speciali di struttura che sono dovuti a caratteri speciali di funzione, sono per solito intrecciati con specialità di struttura che sono o possono esser dovute alla selezione, naturale o artificiale. Nella maggior parte dei casi è impossibile dire che una peculiarità di struttura, la quale sembra essere sorta nella prole da una peculiarità funzionale in un genitore, sia interamente indipendente da qualche peculiarità congenita di struttura nel genitore, donde sorse questa peculiarità funzionale. Noi siamo ristretti a casi con i quali la selezione naturale o artificiale nulla può avere a che fare, e tali casi è difficile trovare. Se ne possono, tuttavia, notare alcuni.

Una specie di pianta, che è stata trasferita da un suolo o clima ad un altro, frequentemente va soggetta a ciò che i botanici chiamano « un cambiamento di abitudine » — un cambiamento il quale, senza influire su' suoi caratteri specifici, è pure cospicuo. Nella sua nuova località la specie si distingue per le foglie che sono molto più grandi o molto più piccole, o differentemente formate, o più carnose; o invece di essere come prima comparativamente liscia, essa diventa pelosa; o il suo stelo diventa legnoso invece di essere erbaceo; o i suoi rami, non crescendo più verso l'alto, assumono un carattere cascante. Ora questi « cambiamenti di abitudine » sono chiaramente determinati da cambiamenti funzionali. Avendo essi luogo in molti individui che sono stati soggetti allo stesso strasferimento, essi non possono essere classificati come « variazioni spontanee ». Essi sono modificazioni di struttura risultanti da modificazioni di funzione, che sono state prodotte da modificazioni nelle azioni delle forze esterne. E siccome queste modificazioni riappariscono nelle generazioni successive, abbiamo in esse esempi di variazioni funzionalmente stabilite che sono trasmesse ereditariamente.

È difficile scoprire nell'intreccio dei fatti prove di cambiamenti analoghi ne gli animali. Solo tra le razze addomesticate abbiamo qualche opportunità di rintracciare i risultati delle alterazioni di abitudini; e qui, in quasi tutti i casi, la selezione artificiale li à resi indistinti. Pure, vi sono alcuni fatti che sembra facciano al caso. Il Darwin, mentre attribuisce quasi interamente alla « selezione naturale » la produzione di quelle modificazioni che risultano nelle differenze delle specie, ammette non di meno gli effetti dell'uso e del disuso. Egli dice: — « Io trovo nell'anitra domestica che, in proporzione dell'intero scheletro, le ossa dell'ala pesano meno e le ossa della gamba pesano più che non pesino le stesse ossa nell'anitra selvatica; e io presumo che questo cambiamento può essere sicuramente attribuito al fatto che l'anitra domestica vola assai meno e cammina assai più del suo progenitore selvatico. Il grande sviluppo ereditato dalle mammelle nelle vacche e nelle capre in paesi dove si trae abitualmente da esse il latte, in confronto con lo stato di questi organi in altri paesi, è un altro esempio dell'effetto dell'uso. Non si può nominare un singolo animale domestico il quale non abbia in qualche paese le orecchie cascanti, e l'opinione suggerita da alcuni autori, che il carattere cascante sia dovuto al disuso dei muscoli dell'orecchia, per non essere gli animali molto allarmati dal pericolo, sembra probabile ». Ancora — « Gli occhi delle talpe e di alcuni roditori scavatori sono rudimentali per la grandezza, e in alcuni casi sono

del tutto ricoperti dalla pelle e dal pelo. Questo stato de gli occhi è probabilmente dovuto alla graduale riduzione per disuso, ma coll'ajuto forse della selezione naturale ». . . . . « È ben noto che parecchi animali appartenenti alle più diverse classi, che abitano le caverne della Stiria e del Kentucky, sono ciechi. In alcuni dei granchi la radice dell'occhio rimane, benchè l'occhio se ne sia andato; il sostegno per il telescopio è là, benchè il telescopio con le sue lenti sia stato perduto. Siccome è difficile immaginare che gli occhi, benchè inutili, potessero essere in alcun modo dannosi ad animali viventi nella oscurità, io attribuisco la loro perdita interamente al disuso » (1). L'ereditarietà diretta di una peculiarità acquisita si può qualche volta osservare. Il Lewes dà un caso. Egli « aveva un cucciolo preso dalla madre all'età di sei settimane, il quale, benchè non fosse mai stato ammaestrato a stare diritto sulle zampe posteriori (una prodezza che era stata insegnata alla madre), cominciò spontaneamente a stare diritto per chiedere tutto ciò ch'esso voleva, quando aveva l'età di circa sette o otto mesi: esso stava diritto per chiedere il cibo, stava diritto perchè lo si lasciasse uscire dalla stanza, e un giorno fu trovato diritto davanti a una capanna di conigli, ch'esso voleva avere ». Si ricordano anche casi di cani da caccia che spontaneamente seguivano nei campi certi modi di condursi, che i loro genitori avevano appreso.

Ma i migliori esempi di modificazioni ereditate, prodotte da modificazioni di funzioni, si verificano nell'umanità. A nessun'altra causa si possono attribuire le rapide metamorfosi subite dalle razze Britanniche, quando sono poste in nuove condizioni. Ne gli Stati Uniti i discendenti de gl'immigranti Irlandesi perdono il loro aspetto Celtico, e diventano americanizzati. Questo non può essere attribuito a mesco-

---

(1) Qui si presenta un esempio del modo in cui quelli che sono contrari a una conclusione addurranno le più vacue ragioni per respingerla. Piuttosto che ammettere che gli occhi di questi esseri viventi nell'oscurità sono scomparsi per difetto di uso, alcuni sostengono che tali esseri sarebbero esposti ad avere i loro occhi danneggiati da collisioni con gli oggetti, e che per ciò la selezione naturale favorirebbe quegli individui in cui gli occhi fossero alquanto diminuiti e fossero meno esposti al danno: supponendo implicitamente che la immunità dalle infiammazioni dovute a ferite sarebbe un fattore così importante nella vita da cagionare la sopravvivenza. E ciò è argomentato in presenza del fatto che uno dei più cospicui tra questi animali ciechi delle caverne è un gambero, e che il gambero nel suo ambiente naturale è nell'abitudine di scavare nelle sponde dei fiumi buchi della profondità di uno o più piedi, ed à gli occhi esposti a tutti quegli urti e fregamenti che lo scavare suppone!

lanza di sangue, poichè il sentimento con cui gl'Irlandesi sono considerati da gli Americani impedisce qualunque numero considerevole di matrimoni incrociati. Egualmente notevole è il caso de gl'immigranti Tedeschi, i quali, benchè si tengano molto da parte, rapidamente assumono il tipo prevalente. Dire che la « variazione spontanea », accresciuta dalla selezione naturale, può aver prodotto questo effetto, è andar troppo lontano. Popoli così numerosi non possono essere stati soppiantati nel corso di due o tre generazioni dalle varietà derivanti da essi. Qundi la conseguenza è che le condizioni fisiche e sociali ànno operato modificazioni di funzione e di struttura, che la prole à ereditato e accresciuto. Similmente dicasi di casi speciali. Nella *Cyclopoedia of Practical Medicine*, vol. II, p. 419, il Dr. Brown afferma che egli « à in molti casi osservato, dove si trattava d'individui la cui complessione e apparenza generale è stata modificata dalla residenza in climi caldi, che i figli nati in sèguito a tale residenza ànno rassomigliato ad essi piuttosto nel loro aspetto acquisito che in quello primario ».

Si possono notare certe modificazioni visibili de gli organi causate dai cambiamenti nelle loro funzioni. Che mani grosse sono ereditate da coloro i cui antenati conducevano una vita laboriosa, e che quelli discesi da antenati non usi alla fatica manuale comunemente ànno mani piccole, sono opinioni stabilite. Sembra assai improbabile che, mancando una qualche simile connessione, le dimensioni della mano dovessero venire ad essere generalmente considerate come un certo indizio di alta nascita. Che esiste una simile relazione tra l'uso abituale dei piedi e la grossezza di essi, abbiamo forti prove nei costumi Cinesi. L'uso torturante di arrestare artificialmente lo sviluppo dei piedi, non avrebbe mai potuto stabilirsi tra le signore della Cina, se esse non avessero visto che un piede piccolo era indice di una classe superiore — ciò è di una vita di lusso — ciò è di una vita senza fatica corporea. Vi sono anche prove che le modificazioni de gli occhi, causate da usi particolari di essi, sono ereditate. La vista corta sembra essere rara tra i contadini; ma è frequente tra le classi che adoperano molto i loro occhi per leggere e scrivere, ed è spesso congenita. Ancor più spiccata è questa relazione in Germania. Là, le persone educate sono notoriamente studiose, e giudicando dal numero di giovani tedeschi che portano occhiali, vi à ragione per credere che la miopia congenita sia molto frequente tra essi.

Alcune delle migliori illustrazioni della eredità funzionale sono fornite dalle caratteristiche mentali. Certe facoltà che l'umanità à acqui-

stato nel corso della civiltà non possono, io credo, essere spiegate senza ammettere l'ereditarietà delle modificazioni acquisite. La facoltà musicale è una di queste. Dire che la « selezione naturale » l'à sviluppata col conservare quelli meglio dotati musicalmente, sembra una spiegazione inadeguata. Anche ora che lo sviluppo e la prevalenza del talento artistico ànno fatto della musica una occupazione per mezzo della quale i migliori musicisti possono guadagnarsi il sostentamento e mantenere una famiglia, è molto discutibile se, prendendo la carriera musicale nel suo complesso, essa abbia alcun vantaggio sulle altre carriere nella lotta per l'esistenza e per la moltiplicazione. Ancor meno, se guardiamo indietro a quelle prime fasi attraverso le quali il talento artistico dev'essere passato prima che si giungesse a una percezione definita della melodia, riusciamo a vedere in qual modo quelli, che possedevano la facoltà rudimentale in un grado alquanto maggiore de gli altri, potevano con ciò essere posti meglio in grado di mantenere sè stessi e i loro figli. Non vi è altra spiegazione se non che l'associazione abituale di certe cadenze del linguaggio con certe emozioni à lentamente stabilito nella razza una connessione organizzata ed ereditata tra tali cadenze e tali emozioni; che la combinazione di tali cadenze, più o meno idealizzate, che costituisce la melodia, à in ogni tempo avuto un significato nella mente media, solo a causa del significato che le cadenze avevano acquistato in essa; e che mediante la continua udizione e pratica della melodia è stata acquistata e trasmessa una crescente sensibilità musicale. La conferma di questa opinione può esser tratta da casi individuali. Ammesso che tra un popolo dotato di facoltà musicale in un certo grado, la variazione spontanea produrrà qualche volta uomini che la possiedono in un grado più elevato, non si può ammettere che la variazione spontanea dia ragione della frequente produzione, da parte di tali uomini altamente dotati, di uomini ancor più altamente dotati. In media, i figli di matrimoni con altre persone non similmente dotate si distingueranno di meno anzi che di più per il loro talento. Il massimo che uno può aspettarsi è che questo grado insolito di talento ricomparisca non diminuito nella generazione successiva. In qual modo spiegheremo noi dunque casi come quelli di Bach, Mozart e Beethoven, che tutti erano figli di uomini aventi una insolita facoltà musicale, i quali costantemente la esercitavano, e che grandemente superarono per la loro capacità i propri padri? Che cosa diremo noi di fatti come questi, che Haydn era il figlio di un organista, che Hummel nacque da un maestro di musica, e che il padre di Weber era un distinto violinista? Il verificarsi

di tanti casi in una nazione entro un breve periodo di tempo non può essere razionalmente attribuito alla coincidenza di « variazioni spontanee ». Ciò non può essere attribuito ad altro che a sviluppi ereditati di struttura causati da aumenti di funzione.

Ma la prova più chiara che le alterazioni di struttura causate da alterazioni di funzione sono ereditate, si à quando le alterazioni sono morbose. Io avevo originariamente ricordato in questo luogo i risultati degli esperimenti del Brown Séquard su i porcellini d'India, per mostrare che quelli che erano stati artificialmente resi epilettici avevano una prole che soffriva di epilessia; e li ricordo novamente benchè la sua conclusione sia da molti respinta. Poichè, come ò mostrato con esempi alcune pagine addietro, fatti evidentissimi sono spesso trascurati per vacue ragioni da quelli che non amano la conclusione tratta. Dopo aver semplicemente ricordato questa prova e la possibile invalidità di essa, passerò ad alcuni risultati di esperienze recentemente esposte dal Dr. Savage, Presidente della Società Neurologica. In un saggio sulla questione « Eredità e Neurosi » pubblicato nel *Brain*, Parti LXXVII, LXXVIII, 1897, egli dice: — « Noi riconosciamo la trasmissione di una tendenza a sviluppare la gotta, e riconosciamo che la malattia prodotta dall'individuo stesso poco differisce da quella che può essere stata ereditata » (Ciò è, la gotta acquisita può essere trasmessa come gotta costituzionale). « Io ò visto parecchi infermi, la cui storia sono stato in grado di esaminare accuratamente, in cui certi ticchi mentali sono stati trasmessi da una generazione all'altra ». Nei « prodigi mentali » discendenti da genitori musicali, « sembrava che vi fosse la trasmissione di un'attitudine o tendenza grandemente accresciuta, che è tutto ciò che si vuole ». « Benchè vi sia, secondo la mia opinione, la facoltà di trasmettere peculiarità acquisite, pure la tendenza è di trasmettere una predisposizione » (pagine 19-21). E un'autorità sulle malattie nervose che non è seconda ad alcuno — il Dr. Hughlings Jackson — segue la stessa dottrina. La disposizione alla tisi mostrata dai figli di genitori tisici, di cui nessuno dubita, ci mostra la stessa cosa. È ammesso che la tisi può essere prodotta da condizioni molto sfavorevoli alla vita; e a meno che non si ritenga che la malattia così prodotta differisce dalla malattia quando è ereditata, la conclusione dev'essere che qui, pure, vi à una trasmissione di cambiamenti organici funzionalmente prodotti. Ciò è vero tanto se la produzione del tubercolo è dovuta a un difetto innato, quanto se è dovuta alla invasione di un bacillo. Poichè in quest'ultimo caso la diatesi consuntiva deve considerarsi come uno stato del corpo

più del solito disposto ad una invasione del bacillo, e questo è lo stesso quando è acquisito come quando è trasmesso.

§ **83.** Restano da notare due manifestazioni modificate della Eredità. L'una è la riapparizione nella prole di caratteri non portati da i genitori, ma portati da gli avoli o da antenati più remoti. L'altra è la limitazione dell'Eredità derivante dal sesso — la restrizione delle peculiarità trasmesse alla prole dello stesso sesso del genitore che le possedeva.

L'atavismo, che è il nome che si dà al ripresentarsi dei caratteri de gli antenati, è provato da molti e svariati fatti. Nelle gallerie di quadri delle antiche famiglie, e su i bronzi monumentali nelle chiese vicine, si vedono spesso tipi di lineamenti che si ripetono ancora, di tempo in tempo, nei membri di queste famiglie. È un fatto comunemente osservato che alcune malattie costituzionali, come sarebbero la gotta e la pazzia, dopo aver saltato una generazione, si mostreranno nella successiva. Il Dr. Struthers, nella sua sopra citata memoria « sulla variazione nel numero delle dita delle mani e dei piedi, e nelle falangi nell'Uomo », dà casi di mal-conformazioni comuni ad avolo e nipote, ma di cui il genitore non aveva traccia alcuna. Il Sig. Girou (citato dal Sig. Sedgwich) dice: — « Uno è spesso sorpreso nel vedere agnelli neri, o con macchie nere, nati da pecore e arieti con lana bianca, ma se uno si prende la cura di riportarsi all'origine di questo fenomeno, la si trova ne gli antenati ». Casi ancor più notevoli, in cui la lontananza de gli antenati riprodotti è molto grande, sono dati dal Darwin. Egli fa notare che ne gl'incroci tra le varietà del piccione, ricomparirà qualche volta il piumaggio del piccione torraiuolo originario, da cui discesero queste varietà; ed egli crede che le deboli striscie simili a quelle della zebra, che talora si possono rintracciare nei cavalli, ànno probabilmente un significato analogo.

L'altra manifestazione particolare dell'eredità, a cui si è sopra accennato, è la limitazione dell'eredità derivante dal sesso. Nei saggi del Sig. Sedgwick, già ricordati, si troveranno prove implicanti che esiste una qualche simile tendenza alla limitazione, che si mostra o no distintamente secondo la natura della modificazione organica da trasmettersi. Aggiungendo alle prove ch'egli dà certi gruppi di prove affini noi troveremo, credo, comprensibili i disaccordi.

Oltre al fatto familiare che in noi stessi, insieme con gli organi

essenziali del sesso, vi sono minori strutture e caratteri distintivi del sesso, come sarebbero la barba e la voce nell'uomo, abbiamo casi numerosi in cui, insieme con i differenti organi del sesso, vi sono differenze generali, qualche volta immense e spesso cospicue. Abbiamo quelli in cui (come in parecchi parassiti) il maschio è estremamente piccolo paragonato con la femmina; abbiamo quelli in cui il maschio è alato e la femmina priva di ali; abbiamo quelli, come accade tra gli uccelli, in cui il piumaggio dei maschi offre forti contrasti con quello delle femmine; e tra le farfalle abbiamo casi analoghi in cui le ali dei due sessi sono interamente dissimili — taluni, in vero, in cui non v'è semplicemente dimorfismo ma polimorfismo: due specie di femmine differenti entrambe dal maschio. Come concilieremo noi questi fatti con i fatti ordinari della ereditarietà? Ciò non sarà difficile, se l'eredità risulta dalla proclività che le unità componenti, contenute in una cellula germinale o in una cellula spermatica, ànno a disporsi in una struttura simile a quella da cui esse erano derivate. Poichè l'ovvio corollario è che dove vi à gamogenesi, risulteranno proclività in parte armonizzanti e in parte in conflitto tra loro. Nel germe fecondato abbiamo due gruppi di unità fisiologiche, che lievemente differiscono nelle loro strutture. Queste unità lievemente differenti si moltiplicano singolarmente a spese del nutrimento fornito al germe in via di sviluppo — ciascuna specie trasformando questo nutrimento in unità del suo proprio tipo. In tutto il processo di sviluppo le due specie di unità, che in complesso si accordano nelle loro proclività e nella forma nella quale esse tendono a costruirsi, ma che ànno minori differenze, operano all'unissono per produrre un organismo della specie da cui esse sono derivate, ma operano in antagonismo per produrre copie dei loro rispettivi organismi-genitori. E quindi da ultimo risulta un organismo in cui i caratteri dell'uno sono mescolati con i caratteri dell'altro; e in cui, secondo il predominio dell'uno o dell'altro gruppo di unità, l'uno o l'altro sesso con tutti i suoi caratteri concomitanti è prodotto.

Se così è, diventa comprensibile che col predominio di uno dei due gruppi, e con la produzione del sesso simile a quello del genitore donde il gruppo prevalente è derivato, avrà luogo la ripetizione non solo dei minori caratteri sessuali di quel genitore ma altresì delle peculiarità ch'esso possedeva, come sarebbero le mostruosità. Siccome i due gruppi si fanno quasi equilibrio, e siccome l'eredità non è mai una media dei due genitori, ma una mescolanza dei caratteri dell'uno con i caratteri dell'altro, non è difficile vedere perchè vi debba essere qualche irrego-

larità nella trasmissione di queste mostruosità e tendenze costituzionali, benchè esse siano più di frequente trasmesse soltanto a individui dello stesso sesso (1).

§ **84.** Senz'avvedersene, nell'ultimo paragrafo è stata ammessa come dimostrata la verità di quella ipotesi concernente l'Eredità, che fu proposta nel § 66. Una qualche spiegazione positiva non è da aspettarsi nella fase presente della Biologia, se pure è affatto possibile. Noi non possiamo sperare altro che una semplificazione del problema, e una riduzione di esso alla stessa categoria con certi altri problemi che sono altresì suscettibili di soluzioni ipotetiche soltanto. Se si può dimostrare che una ipotesi, la quale parecchi fenomeni ampiamente diffusi ci ànno già costretto ad accogliere, rende i fenomeni dell'Eredità più intelligibili che non appariscano al presente, noi avremo ragione di accettarla. L'applicabilità di qualsiasi metodo d'interpretazione a due classi differenti ma affini di fatti è prova della sua verità.

Vedemmo come il potere che molti animali manifestano di riprodurre parti perdute, sia inesplicabile fuorchè supponendo che le unità, di cui un organismo è costruito, abbiano una tendenza a disporsi nella forma di quell'organismo (§ 65). Questo potere è sufficientemente notevole in casi in cui è sostituito un membro o una coda perduta, ma è ancor più notevole in casi dove, come accade tra certi anellidi, i pezzi in cui un individuo è tagliato si completano separatamente sviluppando teste e code, o in casi come quello dell'*Holothuria*, la quale dopo avere, quando è allarmata, espulso i suoi visceri, li riproduce. Tali fatti ci costringono ad ammettere che gli elementi componenti un organismo ànno una proclività verso una struttura speciale — che l'organismo adulto, quando è mutilato, presenta quella stessa proclività che è presentata dall'orga-

---

(1) In aggiunta alle numerose illustrazioni date dal Sig. Sedgwick, eccone una che il Colonnello A. T. Fraser pubblicò nella rivista *Nature* del 9 novembre 1893, riguardo a due nani Indù: — « Nel linguaggio e nell'intelligenza i nani non erano distinguibili da gl'indigeni ordinari dell'India. Da una interrogazione rivolta ad uno di essi, si seppe che apparteneva ad una famiglia, tutti i membri maschi della quale sono stati nani per diverse generazioni. Essi sposano ragazze indigene comuni, e la prole di sesso femminile cresce come quella di altra gente. I maschi, tuttavia, benchè si sviluppino con la rapidità normale finchè raggiungono l'età di sei anni, allora cessano di crescere, e diventano nani ».

nismo giovane nel corso del suo sviluppo normale. Come si è detto precedentemente, noi possiamo, per mancanza di un vocabolo migliore, chiamare figurativamente questo potere polarità organica: volendo significare con questa frase null'altro che la tendenza osservata verso una disposizione speciale. E certi fatti come quelli presentati da i frammenti di un'Idra, e da frammenti di foglie da cui son prodotte piante complete, ci obbligano a riconoscere questa proclività come esistente in tutti i tessuti in generale — anzi, nel caso della *Begonia phyllomaniaca*, ci obbliga a riconoscere questa proclività come esistente nelle unità fisiologiche contenute in ciascuna cellula indifferenziata. Completamente in armonia con questa conclusione sono certe conseguenze notate di poi, rispetto ai caratteri delle cellule spermatiche e delle cellule germinali. Vedemmo parecchie ragioni per respingere la supposizione che queste siano cellule altamente specializzate e per accettare la supposizione opposta, ch'esse sono cellule differenti dalle altre piuttosto nell'essere non specializzate. E qui l'ipotesi a cui sembra che noi siamo spinti dall'insieme delle prove, è che le cellule spermatiche e le cellule germinali siano essenzialmente null'altro che veicoli nei quali sono contenuti piccoli gruppi di unità fisiologiche in uno stato adatto per obbedire alla loro proclività verso la forma di struttura della specie a cui appartengono.

Se la somiglianza della prole ai genitori è in tal guisa determinata, diventa manifesto *a priori*, che oltre alla trasmissione delle peculiarità generiche e specifiche, vi sarà una trasmissione di quelle peculiarità individuali che, sorgendo senza cause assegnabili, sono classificate come « spontanee ». Infatti se la supposizione di un ordinamento speciale delle parti per opera di un organismo, è dovuta alla proclività delle sue unità fisiologiche verso quell'ordinamento, allora la supposizione di un ordinamento delle parti leggermente differente da quello della specie implica unità fisiologiche leggermente dissimili dalle unità di questa; e tali unità fisiologiche leggermente dissimili, comunicate attraverso il mezzo della cellula spermatica o della cellula germinale, tenderanno nella prole a costruirsi in una struttura similmente divergente dalla media della specie.

Ma non è egualmente manifesto che, secondo questa ipotesi, le alterazioni di struttura cagionate da alterazioni di funzione debbano essere trasmesse alla prole. Non è ovvio che un cambiamento nella forma di una parte, causato da un cambiamento di azione, implichi tal cambiamento nelle unità fisiologiche in tutto l'organismo che queste, quando gruppi di esse sono distaccati come centri riproduttivi, si svolgeranno

in organismi che ànno questa parte similmente cambiata nella forma. In vero, trattando dell'Adattamento (§ 69), vedemmo che un organo modificato per un aumento o una diminuzione di funzione, può solo lentamente reagire sul sistema in genere, in modo da dar luogo a quei cambiamenti correlativi che sono richiesti per produrre un nuovo equilibrio; e pure soltanto quando questo nuovo equilibrio è stato stabilito, possiamo noi aspettarci ch'esso sia *pienamente* espresso nelle unità fisiologiche modificate di cui l'organismo è costruito — soltanto allora noi possiamo contare sopra un completo trasferimento della modificazione ai discendenti. Non di meno, che i cambiamenti di struttura causati da cambiamenti di azione debbano altresì esser trasmessi, per quanto oscuramente, sembra essere una deduzione da i primi principii — o se non una deduzione specifica, pure una conseguenza generale. Poichè se un organismo A, in virtù di un'abitudine o condizione peculiare di vita, è stato modificato nella forma A', segue che tutte le funzioni di A', inclusa la funzione riproduttiva, devono essere in qualche grado differenti dalle funzioni di A. Siccome un organismo è una combinazione di parti agenti ritmicamente in equilibrio mobile, l'azione e la struttura di una parte qualunque non può essere alterata senza cagionare alterazioni di azione e di struttura in tutte le altre; precisamente come nessun membro del Sistema Solare potrebb'essere modificato nel moto o nella massa, senza produrre riordinamenti in tutto l'intero Sistema. E se l'organismo A, quando è cambiato in A', dev'essere cambiato in tutte le sue funzioni, allora la prole di A' non può essere la stessa come sarebbe stata, se esso avesse conservato la forma A. Che il cambiamento nella prole deve, a parità di altre condizioni, essere nella stessa direzione come il cambiamento nel genitore, sembra incluso nel fatto che il cambiamento propagato in tutto il sistema parentale è un cambiamento verso un nuovo stato di equilibrio — un cambiamento che tende a portare le azioni di tutti gli organi, incluso quello riproduttivo, in armonia con queste nuove azioni. Ora, riducendo la questione alla sua ultima e più semplice forma, possiamo dire che come, da un lato, le unità fisiologiche, a causa delle loro polarità speciali, costituiranno un organismo di una struttura speciale, così, da l'altro lato, se la struttura di questo organismo è modificata da una modificazione di funzione, essa imprimerà qualche modificazione corrispondente su le strutture e le polarità delle sue unità. Le unità e l'aggregato devono agire e reagire reciprocamente tra loro. Se nulla lo impedisce, le unità modelleranno l'aggregato in una forma che sia in equilibrio con le loro polarità preesistenti.

Se, al contrario, l'aggregato è indotto dalle azioni incidenti a prendere una nuova forma, le sue forze devono tendere a ricostituire le unità in armonia con questa nuova forma. E dire che le unità fisiologiche sono in un qualsiasi grado ricostituite in modo da portare le loro forze polari verso l'equilibrio con le forze dell'aggregato modificato, è come dire che quando si separano nella forma di centri riproduttivi, queste unità tenderanno a costituirsi in un aggregato modificato nella stessa direzione.

CAPITOLO IX.

Variazione.

§ **85.** Egualmente evidente come la verità che ogni organismo porta una somiglianza generale a' suoi genitori, è la verità che nessun organismo è esattamente simile all'uno o l'altro genitore. Benchè somigliante ad ambedue nei caratteri generici e specifici, e per solito anche in quei caratteri che distinguono la varietà, esso diverge in numerosi caratteri di minore importanza. Non vi sono due piante indistinguibili, e non vi sono due animali senza differenze. La Variazione è tanto estesa quanto l'Eredità.

I gradi di variazione ànno limiti ampi. Vi sono deviazioni così piccole da non essere facilmente scoperte, e vi sono deviazioni grandi abbastanza da esser chiamate mostruosità. Nelle piante noi possiamo passare da casi di lieve alterazione nella forma di una foglia, a casi dove, invece di un fiore col suo calice al di sopra del pericarpio, si produce un fiore col suo calice al di sotto di questo; e mentre in un animale sorge una dissomiglianza appena notevole nella lunghezza o nel colore del pelo, in un altro manca un organo o ne appare uno soprannumerario. Benchè le variazioni piccole siano di gran lunga le più generali, pure non sono infrequenti variazioni di considerevole grandezza; e anche quelle variazioni che sono costituite da aggiunte o soppressioni di parti, non sono così rare da doversi escludere dalla lista delle cause per cui sono cambiate le forme organiche. Il bestiame senza corna è frequente. Tra le pecore vi sono razze cornute e razze che ànno perduto le loro corna. Un tempo esisteva nella Scozia una razza di majali con piedi solidi in-

vece dei piedi spaccati. Nei piccioni, secondo il Darwin, « il numero delle vertebre caudali e di quelle dell'osso sacro varia; come varia il numero delle costole, insieme con il loro relativo spessore e la presenza di processi ».

Fu dimostrato nell'ultimo capitolo che le variazioni, e grandi e piccole, che sorgono senza alcuna causa assegnabile specifica, tendono a diventare ereditarie. In vero i fatti che provano l'Eredità nelle sue manifestazioni più piccole sono gli stessi fatti che provano la Variazione; poichè è soltanto quando accadono variazioni che si può provare l'ereditarietà di qualche carattere oltre le peculiarità di struttura della specie. Qui rimane, tuttavia, da osservare che la trasmissione delle variazioni è essa stessa variabile; e che essa varia tanto nella direzione della diminuzione quanto nella direzione dell'aumento. Un carattere individuale di uno dei genitori può essere così sopraffatto dall'influenza dell'altro genitore, ch'esso può non apparire nella prole; o, non essendo così sopraffatto, la prole può possederlo, forse in un grado eguale o forse in un grado minore; o la prole può presentare il carattere in un grado ancor più elevato. Tra le illustrazioni di questo fatto, una deve essere sufficiente. Io la cito dal saggio di Sir J. Struthers ricordato nell'ultimo capitolo.

« La trisavola, Ester P— (la quale sposò A— L—), aveva in una mano un piccolo sesto dito. Dei loro diciotto figli (dodici femmine e sei maschi), soltanto uno (Carlo) si sa che ebbe una varietà digitale. Abbiamo la storia dei discendenti di tre de i figli, Andrea, Carlo, e Giacomo.

« (1) Andrea L— ebbe due figli Tommaso e Andrea; e Tommaso ebbe due figli, tutti senza varietà digitale. Qui abbiamo tre generazioni successive senza che si mostri la varietà posseduta dalla bisavola.

« (2) Giacomo L—, che era normale, ebbe due figli e sette figlie, altresì normali. Una delle figlie divenne Mrs. J— (una delle informatrici), ed ebbe tre figlie e cinque figli, tutti normali fuorchè uno dei figli, Giacomo J—, ora dell'età di 17 anni, il quale ebbe sei dita in ciascuna mano.....

« In questo ramo dei discendenti di Ester, vediamo l'anormalità saltare due generazioni e riapparire in un membro della terza generazione, e ora in ambedue le mani.

« (3) Carlo L—, l'unico figlio di Ester che aveva una varietà digitale, aveva sei dita in ciascuna mano. Egli ebbe tre figli, Giacomo, Tommaso e Giovanni, tutti i quali nacquero con sei dita in ciascuna

mano, mentre Giovanni aveva altresì un sesto dito in un piede. Egli ebbe anche cinque altri figli e quattro figlie, tutti normali.

« (*a*) Dei figli normali di questa generazione, la terza, i cinque figli ebbero dodici figli e dodici figlie e le quattro figlie ànno avuto quattro maschi e quattro femmine, costituenti la quarta generazione, che erano tutti normali. Una quinta generazione in questo sotto-gruppo consiste per ora soltanto di due ragazzi e di due ragazze, che sono altresì normali.

« In questo sotto-ramo, vediamo la varietà della prima generazione presente nella seconda, saltare la terza e la quarta, e anche la quinta fino a dove è per ora arrivata.

« (*b*) Giacomo ebbe tre maschi e due femmine, che sono normali.

« (*c*) Tommaso ebbe quattro maschi e cinque femmine, che sono normali; e à due nipoti, anch'essi normali.

« In questo sotto-ramo della discendenza, vediamo la varietà della prima generazione, che si mostra nella seconda e nella terza, e che salta sopra la quarta e (fino a dove essa esiste per ora) la quinta generazione.

« (*d*) Giovanni L— (uno de gl'informatori) aveva sei dita, il dito aggiunto attaccato alla parte esterna, come nel caso de' suoi fratelli Giacomo e Tommaso. Tutti si fecero togliere le dita aggiunte. Giovanni à anche un sesto dito in un piede, situato dal lato esterno. Il quinto e il sesto dito ànno una comune falange prossimale, e un integumento comune investe la falange media e distale, mentre ciascuno à un'unghia separata.

« Giovanni L— à un figlio che è normale, e una figlia, Jane, che nacque con sei dita in ciascuna mano e sei dita in ciascun piede. Le seste dita delle mani furono operate. Le seste dita dei piedi non sono connesse con le quinte, come nel caso del padre, ma sono distinte da esse. Il figlio à un maschio e una femmina, che, com'egli stesso, sono normali.

« In questo sotto-ramo della discendenza, che è il più interessante, vediamo un aumento digitale, che apparve nella prima generazione in un membro, apparire nella seconda in due membri, le mani; nella terza in tre membri, le mani e un piede; nella quarta in tutte e quattro le membra. Per ora non v'è una quinta generazione con trasmissione ininterrotta della varietà. La varietà non si presenta ancora in alcun membro della quinta generazione dei discendenti di Ester, la quale consiste, per ora, soltanto di tre ragazzi e una ragazza, i cui genitori erano normali, e di due ragazzi e due ragazze, i cui avoli erano normali. Non si sa se

nel caso della trisavola, Ester P—, la varietà fosse originaria o ereditata » (1).

§ **86.** Dove vi à grande uniformità tra i membri di una specie, le divergenze della prole dal tipo medio sono per solito piccole; ma dove, tra i membri di una specie, dissomiglianze considerevoli si sono stabilite una volta, le dissomiglianze nella prole sono frequenti e grandi. Le piante selvatiche che crescono nei loro ambienti naturali sono uniformi sopra grandi aree, e conservano di generazione in generazione strutture simili; ma quando la coltivazione à cagionato differenze apprezzabili tra i membri di una specie di piante, sorgono facilmente estese e numerose deviazioni. Similmente, tra gli animali selvatici e addomesticati della stessa specie, vediamo il contrasto in ciò, che se bene la razza selvatica omogenea conservi il suo tipo con grande persistenza, la razza domestica comparativamente eterogenea produce di frequente individui i quali sono più dissimili dal tipo medio che non siano i genitori.

Benchè la dissomiglianza tra i progenitori sia un antecedente della variazione, essa non è per certo il solo antecedente. Se così fosse, i figli successivamente nati a gli stessi genitori sarebbero simili. Se una peculiarità in un nuovo organismo fosse un risultato diretto delle differenze di struttura tra i due organismi che lo produssero, allora tutti i nuovi organismi susseguenti prodotti da questi due mostrerebbero la stessa peculiarità. Ma noi sappiamo che i figli successivi ànno peculiarità differenti: non vi sono due di essi che siano mai esattamente eguali.

Una causa di tale variazione di struttura nella progenie è la variazione funzionale nei genitori. La prova di ciò è data dal fatto che, tra la progenie de gli stessi genitori, vi à maggiore differenza tra i figli generati sotto differenti stati costituzionali che tra quelli generati sotto il medesimo stato costituzionale. È notorio che i gemelli si rassomigliano assai più che i figli nati in successione. Siccome le condizioni funzionali dei genitori sono le medesime per i gemelli, ma non le medesime per i loro fratelli e sorelle (tutti gli altri antecedenti rimanendo costanti), noi non abbiamo altro partito cui appigliarci se non ammettere che le varia-

---

(1) Questo caso notevole sembra militare contro la conclusione, tratta alcune pagine addietro, che l'aumento di una peculiarità per la coincidenza delle « variazioni spontanee » nelle generazioni successive, è molto improbabile; e che le superiorità speciali dei compositori di musica non possono essere sorte in tal guisa. Si può rispondere che la estrema frequenza del fatto in una classe così ristretta come quella dei compositori di musica, esclude l'interpretazione così suggerita.

zioni nelle condizioni funzionali dei genitori sono gli antecedenti di quelle più grandi dissomiglianze che i loro fratelli e le loro sorelle presentano.

Rimane, tuttavia, qualche altro antecedente. Supposto che i genitori siano gli stessi, e i loro stati costituzionali gli stessi, la variazione, più o meno spiccata, si manifesta ancora. Le piante cresciute da i semi di un medesimo pericarpio, e gli animali prodotti a un unico parto, non sono eguali. Qualche volta essi differiscono in modo considerevole. In una nidiata di majaletti o di gattini, raramente vediamo uniformità di macchie; e qualche volta vi sono importanti contrasti di struttura. Io stesso ò visto recentemente una nidiata di cuccioli della Terra Nuova, alcuni dei quali avevano quattro dita ai loro piedi, mentre in altri era presente, in ciascun piede posteriore, quello che si chiama il « dew-claw », un quinto dito rudimentale.

Così, l'induzione fa vedere tre cause di variazione, che agiscono tutte insieme. Abbiamo l'eterogeneità tra i progenitori, la quale, se agisse uniformemente e da sola nel generare, mediante la composizione delle forze, nuove deviazioni, imprimerebbe queste nuove deviazioni nella stessa misura su tutta la prole degli stessi genitori; il che non accade. Abbiamo la variazione funzionale nei genitori, la quale, agendo o da sola o in combinazione con la causa precedente, porterebbe con sè le stesse variazioni di struttura in tutti i figli simultaneamente prodotti; il che non accade. Per conseguenza vi è qualche terza causa di variazione, ancora da trovarsi, che agisce insieme con le variazioni di struttura e di funzione de gli antenati e dei genitori.

§ **87.** Già, nell'ultimo paragrafo, si è presupposta qualche relazione tra la variazione e l'azione delle condizioni esterne. Il sopra citato contrasto tra l'uniformità di una specie selvatica e la multiformità della stessa specie quando è coltivata o addomesticata, ci costringe ad accettare questa verità. Rispetto alle variazioni delle piante, il Darwin osserva che « gli *scherzi di natura* sono estremamente rari in natura, ma tutt'altro che rari sotto coltivazione ». Altri che ànno studiata la questione affermano che se una specie di pianta la quale, fino a una certa epoca, à mantenuto una grande uniformità, è stata soggetta una volta a un completo perturbamento nella sua costituzione, essa continuerà a variare indefinitamente. Benchè, in conseguenza della lontananza delle epoche in cui furono addomesticati, manchino prove positive che i nostri animali domestici estremamente variabili siano divenuti

variabili nelle mutate condizioni supposte dall'addomesticamento, dopo essere stati precedentemente costanti, pure i giudici competenti non dubitano che tale sia stato il caso.

Ora il perturbamento costituzionale, che precede la variazione, nul-l'altro può essere che una distruzione dell'equilibrio prestabilito di funzioni. Trasferire una pianta da terreni boschivi a un campo arato o a un giardino concimato, è come alterare l'equilibrio delle forze a cui essa è stata fin qui soggetta, provvedendola in proporzioni differenti delle materie assimilabili ch'essa richiede, ed eliminando alcuni de gl'impedimenti positivi al suo sviluppo cui prima offrivano le piante selvatiche antagonistiche. Un animale tolto dai boschi o dalle pianure dov'esso viveva del cibo selvatico da sè procurato, e tenuto schiavo mentre lo si fornisce artificialmente di cibo non del tutto simile a quello ch'esso aveva prima, è un animale soggetto a nuove azioni esterne a cui le sue azioni interne devono essere adattate. Vedemmo come dalla legge generale dell'equilibrio risulta che « il mantenimento di un equilibrio mobile » come quello che un organismo manifesta, « richiede la genesi abituale di forze interne corrispondenti per il numero, le direzioni, e le quantità, alle forze incidenti esterne — tante funzioni interiori, singole o combinate, quante sono le azioni esterne singole o combinate da resistere » (*Primi Principii*, § 173); e più recentemente (§ 27), abbiamo visto che la Vita stessa è « la combinazione definita di cambiamenti eterogenei, simultanei e successivi, in corrispondenza con le coesistenze e sequenze esterne ». Necessariamente, per ciò, un organismo esposto a un cambiamento permanente nella disposizione delle forze esterne deve andar soggetto a un cambiamento permanente nella disposizione delle forze interne. L'antico equilibrio è stato distrutto; e un nuovo equilibrio deve stabilirsi. Vi devono essere perturbamenti funzionali, terminanti in un riadattamento nel bilanciarsi delle funzioni.

Se, dunque, il cambiamento delle condizioni è la sola causa conosciuta per cui l'omogeneità originaria di una specie è distrutta; e se il cambiamento delle condizioni può influire sull'organismo soltanto coll'alterare le sue funzioni; ne segue che l'alterazione di queste è la sola causa interna conosciuta a cui si può attribuire il cominciamento della variazione. Che quei minori cambiamenti funzionali, cui vanno soggetti i genitori di anno in anno, esercitano una influenza sulla prole, vedemmo esser provato dalla maggiore dissomiglianza che esiste tra i figli nati a gli stessi genitori in epoche differenti, anzi che tra gemelli. E qui sembra che siamo costretti a concludere che le maggiori varia-

zioni funzionali, prodotte da i maggiori cambiamenti esterni, sono le iniziatrici di quelle variazioni di struttura le quali, una volta cominciate in una specie, conducono con le loro combinazioni e i loro antagonismi a risultati multiformi. Siano esse o no le iniziatrici dirette, esse devono esser pur sempre le iniziatrici indirette.

§ **87** *a*. Nel periodo precedente quelle spiccate variazioni di struttura, da cui possono poi sorgere nuove varietà ed eventualmente specie, sono attribuite a «le maggiori variazioni funzionali prodotte da i maggiori cambiamenti esterni»; e questa limitazione è una limitazione necessaria, poichè vi à una causa costante di variazioni minori di una specie totalmente differente.

Vi sono le variazioni sorgenti da differenze nelle condizioni a cui il germe è soggetto, tanto prima del distacco dal genitore quanto dopo. A prima vista sembra che le piante cresciute da semi provenienti dallo stesso pericarpio e gli animali appartenenti allo stesso parto dovrebbero essere, ove manchino differenze ne gli antecedenti di razza, interamente simili. Ma questo non è così. Inevitabilmente essi sono soggetti fin dal primo inizio a sistemi di forze lievemente differenti. I semi in un pericarpio non stanno esattamente nelle stesse relazioni con le sorgenti del nutrimento: alcuni sono più vicini che altri. Essi sono esposti alquanto differentemente al calore e alla luce che penetrano il loro inviluppo; e alcuni sono impediti più di altri nel loro sviluppo da i vicini. Similmente dicasi dei giovani animali appartenenti allo stesso parto. La vita uterina di ciascuno è resa in qualche misura dissimile da quella de gli altri dalla diversità delle connessioni con la provvista del sangue, da reciproche interferenze che non sono tutte le stesse, e anche dalle relazioni differenti con i perturbamenti causati da i movimenti della madre. Così, pure, accade dopo la separazione dal genitore, pianta o animale. Anche la parabola biblica ci ricorda che i semi cadono in luoghi qui favorevoli e là sfavorevoli in vari gradi. Rispetto al suolo, rispetto allo spazio per lo sviluppo, rispetto alla quantità di luce, nessuno di essi si trova precisamente nelle stesse circostanze. Lo stesso vale per gli animali. In una nidiata di majali, alcuni, più deboli di altri, non riescono così spesso a entrare in possesso di mammelle. E poi in ambedue i casi le differenze in tal guisa iniziate diventano sempre più pronunciate. Tra le piante giovani le più piccole, superate nello sviluppo dalle loro vicine meglio poste, sono continuamente più ombreggiate e lasciate più indietro; e nella nidiata i più deboli, continuamente

spinti da una parte da i più forti, diventano relativamente più deboli per la nutrizione deficiente.

Le differenziazioni che sorgono in tal guisa, tanto prima quanto dopo la separazione da i genitori, benchè producano primieramente differenze di sviluppo, dànno luogo a differenze di struttura; poichè è una legge generale della nutrizione che quando vi à deficienza di cibo gli organi non essenziali soffrono più di quelli essenziali, e le dissomiglianze di proporzione che quindi sorgono costituiscono dissomiglianze di struttura. Si può concludere, tuttavia, che le variazioni generate in questo modo per solito non ànno conseguenze permanenti. In primo luogo, è probabile che gl'individui i quali, primieramente nella crescenza e secondariamente nello sviluppo più piccolo di organi meno importanti, risultano inferiori, siano eliminati dalla specie. In secondo luogo, le differenze di struttura prodotte nel modo mostrato non esprimono differenze di costituzione — non sono gli effetti di unità fisiologiche alquanto divergenti; e per conseguenza non è probabile che si ripetano nella posterità.

§ **88.** Abbiamo ancora da spiegare, dunque, quelle variazioni che non ànno cause manifeste simili a quelle fin qui considerate. Tali sono le variazioni dette « spontanee ». Non già che coloro i quali applicano ad esse questo termine, o qualche equivalente, intendano supporre che siano prive di causa. Il Darwin espressamente si difende contro una tale interpretazione. Egli dice: — « Io ò fin qui parlato qualche volta come se le variazioni — così comuni e multiformi ne gli esseri organici sotto addomesticamento, e in un grado minore in quelli in uno stato di natura — fossero dovute al caso. Questa, evidentemente, è una espressione del tutto scorretta, ma serve per confessare apertamente la nostra ignoranza della causa di ciascuna variazione particolare ». Non solo, tuttavia, io ritengo, in comune col Darwin, che vi dev'essere qualche causa per queste variazioni apparentemente spontanee, ma sembra a me che si possa assegnare una causa definita. Credo che si può dimostrare che le dissomiglianze devono sorgere necessariamente anche tra i nuovi individui simultaneamente prodotti da gli stessi genitori. Invece di essere inesplicabile il presentarsi di tali variazioni, sarebbe inesplicabile l'assenza di esse.

In una serie qualunque di cambiamenti dipendenti una piccola differenza iniziale opera spesso una differenza notevole nei risultati. Il modo in cui un'onda particolare si rompe sulla riva, può determinare se

il seme di qualche pianta straniera ch'essa trasporta è o no gettato sulla spiaggia — può esser causa della presenza o mancanza di questa pianta nella Flora del paese; e può così influire, per milioni di anni, in modi innumerevoli, su gli esseri viventi in tutto il paese. Un unico toccamento, introducendo nel corpo qualche materia morbifera, può iniziare una serie immensamente complicata di perturbamenti funzionali e di alterazioni di struttura. L'intero tenore di una vita può esser cambiato da una parola di consiglio; o uno sguardo può determinare un'azione che altera le idee, i sentimenti e la condotta attraverso una lunga serie di anni. In quelle combinazioni ancor più complicate di cambiamenti che le società offrono, questa verità è ancor più cospicua. La differenza di un capello nella direzione del moschetto di qualche soldato alla battaglia di Arcole, uccidendo Napoleone, avrebbe potuto cambiare gli eventi in tutta l'Europa; e benchè il tipo di organizzazione sociale in ciascuna nazione europea sarebbe stato ora molto simile a ciò che è, pure in particolari senza numero esso sarebbe stato differente.

Illustrazioni come queste, con cui si potrebbero riempire molte pagine, ci preparano per la conclusione che gli organismi prodotti da gli stessi genitori allo stesso tempo devono essere più o meno differenziati, tanto a causa d'insensibili differenze iniziali quanto a causa di lievi differenze nelle condizioni, a cui essi sono soggetti durante la loro evoluzione. Non occorre, tuttavia, che ci contentiamo di supporre tali differenze iniziali, la necessità di esse può esser dimostrata. Le cellule germinali individuali che, in successione o simultaneamente, sono separate dallo stesso genitore, non possono mai essere esattamente eguali; nè possono esserlo le cellule spermatiche che le fecondano. Trattando della instabilità dell'omogeneo (*Primi Principii*, § 149), vedemmo che non vi possono essere due parti di un aggregato qualunque le quali siano similmente condizionate rispetto alle forze incidenti; e che essendo soggette a forze che sono più o meno dissimili, esse devono diventare più o meno dissimili. Quindi, non vi possono essere due uova in un'ovaia o due ovuli in un pericarpio — due spermatozoi o due cellule di polline, che siano identiche. Sorgano o no altri contrasti, è certo che sorgeranno contrasti quantitativi; poichè il processo di nutrizione non può essere assolutamente eguale per tutti. I centri riproduttivi devono cominciare a differenziarsi sin dal primo inizio. Tali essendo le necessità del caso, che cosa accadrà nelle fecondazioni successive o simultanee? Inevitabilmente devono risultare dissomiglianze tra le rispettive influenze parentali. Le differenze quantitative tra le cellule spermatiche e tra le cellule germinali rendono

certo che ciò accadrà. Ammesso che il numero delle unità fisiologiche contenute in una cellula riproduttiva qualunque può raramente, se pur può mai, essere esattamente eguale al numero contenuto in un'altra cellula qualunque, maturata allo stesso tempo o in un tempo differente, ne segue che tra i germi fecondati prodotti dagli stessi genitori, le unità fisiologiche derivate da essi rispettivamente staranno tra loro in un rapporto numerico differente in ogni caso. Se i genitori sono costituzionalmente del tutto eguali, la variazione nel rapporto tra le unità ch'essi separatamente trasmettono non può cagionare dissomiglianze tra la prole. Ma se è altrimenti, non vi possono essere due figli eguali. In ogni caso la piccola differenza iniziale nelle proporzioni delle unità leggermente dissimili condurrà, durante l'evoluzione, a una continua moltiplicazione delle differenze. La divergenza insensibile al principio genererà divergenze sensibili alla conclusione. Possibilmente qualcuno inferirà da ciò che se bene, in tal caso, i figli debbano differire alquanto gli uni da gli altri e da ambedue i genitori, pure in ognuno di essi deve risultare una mescolanza omogenea dei caratteri dei due genitori. Un po' di considerazione mostra che il contrario si può inferire. Se, attraverso il processo dello sviluppo, le unità fisiologiche derivate da ciascun parente conservassero lo stesso rapporto in tutte le parti dell'organismo crescente, ciascun organo mostrerebbe tanto quanto ogni altro l'influenza dell'uno e l'altro genitore. Ma una tale distribuzione uniforme non è possibile. È stato dimostrato (*Primi Principii*, § 163), che in qualsiasi aggregato di unità miste la segregazione deve inevitabilmente aver luogo. Le forze incidenti tenderanno sempre a cagionare la separazione dei due ordini di unità l'uno dall'altro — tenderanno a integrare i gruppi di un ordine in un punto e i gruppi dell'altro ordine in un altro punto. Quindi deve sorgere non una media omogenea tra i due genitori, ma una mescolanza di organi, alcuni dei quali seguono principalmente l'uno e alcuni l'altro. E questa è la specie di mescolanza che l'osservazione ci mostra.

Pure si può giustamente obiettare che per quanto gli attributi de i due genitori siano variamente mescolati nella loro prole, essi devono in tutti i figli cadere tra gli estremi manifestati ne i genitori. In nessuna caratteristica potrebbe uno dei figli superare ambedue i genitori, se non ci fosse altra causa di « variazione spontanea » che quella addotta. Evidentemente, dunque, vi à una causa ancora non trovata.

§ **89.** Fin qui abbiamo considerato il processo sotto il suo aspetto più semplice. Mentre abbiamo supposto che i due genitori siano alquanto dissimili, abbiamo supposto che cïascun genitore abbia una costituzione omogenea — sia costruito di unità fisiologiche che sono esattamente eguali. Ma in nessun caso può una tale omogeneità esistere. Ciascun genitore ebbe genitori i quali offrivano contrasti più o meno grandi — ciascun genitore ereditò al meno due ordini di eredità fisiologiche non del tutto identiche. Qui dunque abbiamo una ulteriore causa di variazione. Le cellule spermatiche o le cellule germinali, che qualunque organismo produce, differiranno l'una dall'altra non quantitativamente soltanto, ma qualitativamente. Delle unità fisiologiche leggermente dissimili trasmesse ad un individuo, le cellule riproduttive ch'esso stacca da sè non possono abitualmente contenere le stesse proporzioni; e noi possiamo aspettarci che le proporzioni variino non leggermente ma in alto grado. Appunto come, durante l'evoluzione di un organismo, le unità fisiologiche derivate da i due genitori tendono a segregarsi, e producono una somiglianza al genitore maschio in questa parte e al genitore femmina in quella; così, durante la formazione delle cellule riproduttive, in una sorgerà un predominio delle unità fisiologiche derivate dal padre, e in un'altra un predominio delle unità fisiologiche derivate dalla madre. Così, dunque, ogni germe fecondato, oltre a contenere *somme* differenti delle due influenze parentali, conterrà differenti *specie* d'influenze — avendo questo ricevuto una impressione spiccata da un avolo, e quello da un altro. Senza una maggiore esposizione il lettore vedrà come questa causa di complicazione, risalendo indietro lungo ciascuna linea di antenati, deve produrre in ogni germe numerose piccole differenze tra le unità.

Qui, dunque, abbiamo una chiave per spiegare le molteplici variazioni, e qualche volta variazioni estreme, che sorgono in razze le quali ànno cominciato una volta a variare. In mezzo alle innumerevoli combinazioni differenti di unità derivate da i genitori, e mediante essi da gli antenati, immediati e remoti — in mezzo a i varį conflitti nelle loro polarità organiche leggermente differenti, che contrastano e cospirano l'una con l'altra in tutti i modi e gradi; sorgeranno di tempo in tempo proporzioni speciali causanti deviazioni speciali. Dalla legge generale delle probabilità si può concludere che mentre queste influenze complesse, derivate da molti progenitori, devono, nella media dei casi, farsi indistinte e in parte neutralizzarsi l'una l'altra, devono talora risultare tali combinazioni di esse che produrranno divergenze considerevoli

dalle strutture medie; e, a rari intervalli, combinazioni tali che produrranno divergenze assai spiccate. Così vi à una corrispondenza tra i risultati come si possono inferire e i risultati come si osservano abitualmente.

§ **90.** Rimane ancora una difficoltà. Si può dire che ammettendo che il cambiamento funzionale sia l'iniziatore della variazione — concedendo che le unità fisiologiche di un organismo lungamente soggetto a nuove condizioni tenderanno a diventare modificate in tal modo da cagionare un cambiamento di struttura nella prole, pure non vi sarà ancora una casa della supposta eterogeneità tra le unità fisiologiche d'individui differenti. Sembra esservi validità nell'obiezione, che siccome tutti i membri di una specie le cui circostanze sono state alterate saranno affetti nella stessa maniera, i risultati, quando cominciano a mostrarsi nei discendenti, si mostreranno nella stessa maniera: non sorgeranno variazioni multiformi, ma deviazioni tutte in una direzione.

La risposta è semplice. I membri di una specie posta in tali circostanze *non* saranno similmente affetti. Mancando una assoluta uniformità tra essi, i cambiamenti funzionali in essi prodotti saranno più o meno dissimili. Precisamente come uomini con disposizioni leggermente diverse si comportano in modi affatto opposti sotto le stesse circostanze; o precisamente come uomini con costituzioni leggermente diverse vanno soggetti con la stessa causa a disordini diversi, e risentono effetti diversi dalla medesima medicina; così, i membri insensibilmente differenziati di una specie le cui condizioni sono-state mutate, possono ad un tratto cominciare a subire varie specie di cambiamenti funzionali. Come abbiamo già visto, piccoli contrasti iniziali possono condurre a grandi contrasti terminali. Il freddo più intenso del clima in cui una specie à emigrato può produrre in un individuo un accresciuto consumo di cibo per compensare la maggior perdita di calore; mentre in un altro individuo al bisogno può far fronte un più folto sviluppo del pelo. O, incontrando nuovi cibi che una nuova regione offre, l'accidente può determinare un membro della specie a cominciare con una qualità di cibo e un altro membro con un'altra qualità; e di qui possono sorgere abitudini stabilite in questi membri rispettivi e nei loro discendenti. Ora quando le divergenze funzionali in tal guisa iniziate in parecchie famiglie di una specie ànno durato abbastanza lungamente per agire sulle loro costituzioni, e per modificare alquanto le unità fisiologiche distaccate nelle loro cellule riproduttive, le divergenze prodotte da queste nella

prole saranno di specie diverse. E distrutta così l'omogeneità originaria della costituzione, la variazione può continuare con crescente facilità. Ne risulterà una mescolanza eterogenea di modificazioni di struttura causate da modificazioni di funzione; e di modificazioni correlative ancor più numerose, così causate indirettamente. Per selezione naturale delle forme più divergenti, le dissomiglianze dai genitori saranno rese più spiccate e più ampi i limiti di variazione. Finchè da ultimo le divergenze delle costituzioni e dei modi di vita diventano grandi abbastanza per condurre alla differenziazione delle varietà.

§ **91.** Che le variazioni devono avvenire, e ch'esse devono tendere sempre, tanto direttamente quanto indirettamente, verso modificazioni di adattamento, sono conclusioni deducibili da i primi principii; indipendentemente da qualunque interpretazione particolareggiata come la precedente. Che lo stato di omogeneità è uno stato instabile, abbiamo trovato essere una verità universale. Ciascuna specie deve passare dall'uniforme nel più o meno multiforme, a meno che l'incidenza delle forze esterne non sia esattamente la stessa per tutti i suoi membri, il che non può mai essere. Mediante il processo di differenziazione e d'integrazione, che di necessità porta insieme, o tiene insieme, individui simili, e separa da essi quelli dissimili, dev'essere mantenuta non di meno una specie abbastanza uniforme, finchè continua un sistema abbastanza uniforme di condizioni in cui essa può esistere. Ma se le condizioni cambiano, o in modo assoluto per qualche perturbamento del luogo abitato, o in modo relativo per il diffondersi della specie in altri luoghi abitabili, allora gl'individui divergenti che risultano devono essere segregati da i sistemi divergenti di condizioni in varietà distinte (*Primi Principii*, § 166). Quando, invece di considerare una specie nell'aggregato, limitiamo la nostra attenzione a un singolo membro e a' suoi discendenti, vediamo essere un corollario della legge generale dell'equilibrio che l'equilibrio mobile, costituito dalle azioni vitali in ciascun membro di questa famiglia, deve rimanere costante fino a tanto che le azioni esterne, a cui esse corrispondono, rimangono costanti; e che se le azioni esterne sono cambiate, l'equilibrio turbato de i cambiamenti interni, se non è distrutto, non può cessare di essere soggetto a modificazione finchè i cambiamenti interni sono di nuovo in equilibrio con le azioni esterne: mentre sono sorte alterazioni corrispondenti di struttura.

Passando da queste leggi derivative alla legge ultima, vediamo che

la Variazione è resa necessaria dalla persistenza della forza. I membri di una specie che abitano un'area qualunque non possono essere soggetti a sistemi simili di forze sopra l'intera area. E se, in differenti parti dell'area, diverse specie o somme o combinazioni di forze agiscono su di essi, essi non possono non diventare differenti in sè stessi e nella loro progenie. Dire altrimenti è come dire che le differenze nelle forze non produrranno differenze ne gli effetti; il che è negare la persistenza della forza.

CAPITOLO X.

Genesi, Eredità e Variazione.

§ **92.** Una questione sollevata ne i §§ 78 e 79, a cui si rispose in modo ipotetico, fu ivi posposta fino a dopo che avessimo trattato de gli argomenti dell'Eredità e della Variazione. Riprendiamo ora a considerare tale questione, in connessione con parecchie altre che i fatti suggeriscono.

Dopo aver considerato i diversi metodi per cui si effettua la moltiplicazione de gli organismi — dopo averli ordinati sotto i due capi dell'Omogenesi, in cui le generazioni successive sono similmente prodotte, e dell'Eterogenesi, in cui esse sono prodotte in modo dissimile — dopo aver osservato che l'Omogenesi è quasi sempre genesi sessuale, mentre l'Eterogenesi è genesi asessuale con un ricorso occasionale della genesi sessuale, noi venimmo alle questioni — perchè accade che alcuni organismi si moltiplicano in un modo e alcuni nell'altro? e perchè accade che dove l'agamogenesi prevale essa è per solito, di tempo in tempo, interrotta dalla gamogenesi? Cercando risposte a tali questioni, noi indagammo se vi sono, comuni tanto all'Omogenesi quanto all'Eterogenesi, condizioni sotto le quali soltanto le cellule spermatiche e le cellule germinali sorgono e si uniscono per la produzione di nuovi organismi; e giungemmo alla conclusione che, in tutti i casi, essi sorgono soltanto quando vi à una approssimazione all'equilibrio tra le forze che producono sviluppo e le forze che ad esso si oppongono. Questa risposta alla questione — *quand*'è che ricorre la gamogenesi? lasciava ancora senza risposta l'altra — *perchè* ricorre la gamogenesi? E a questa si rispose supponendo che l'approssimazione verso l'equilibrio generale ne gli organismi « sia accompagnata da una approssimazione verso l'equi-

librio molecolare in essi; e che la necessità di questa unione della cellula spermatica con la cellula germinale sia la necessità di distruggere questo equilibrio, e di ristabilire un attivo cambiamento molecolare nel germe distaccato — un risultato che si effettua probabilmente mescolando le unità fisiologiche leggermente differenti ». Questa è l'ipotesi che noi abbiamo da considerare. Diamo prima uno sguardo alle prove che certi fenomeni inorganici forniscono.

Le molecole di qualunque aggregato, che non sono disposte in equilibrio, tendono inevitabilmente verso una disposizione equilibrata. Come si è antecedentemente ricordato (*Primi Principii*, § 100), il ferro amorfo battuto, quand'è soggetto a continui urti, comincia a disporsi in cristalli — i suoi atomi assumono una condizione di equilibrio polare. Le particelle del vetro non fuso, le quali sono disposte in modo così instabile che leggère forze perturbatrici le fanno separare in piccoli gruppi, approfittano di quella maggiore libertà di movimento che è data da una temperatura più alta, per ordinarsi in uno stato di quiete relativa. Durante un tale riordinamento l'aggregato esercita una forza coattiva sulle sue unità. Appunto come in un cristallo in via di accrescimento gli atomi successivamente assimilati dalla soluzione sono spinti da gli atomi già cristallizzati a prendere una certa forma, e anche a ricompletare quella forma quando è rotta, così in qualunque massa di atomi disposti in modo instabile, che passa in una disposizione stabile, ciascun atomo si conforma alle forze esercitate su di esso da tutti gli altri atomi. Questo è un corollario della legge generale dell'equilibrio. Vedemmo (*Primi Principii*, § 170) che ogni cambiamento è verso l'equilibrio; e che il cambiamento non può mai cessare finchè l'equilibrio è raggiunto. Gli organismi, sopra a tutti gli altri aggregati, manifestano in modo evidente questa equilibrazione progressiva; poichè le loro unità sono di tali specie, e così condizionate, da permettere un facile riordinamento. Quei cambiamenti estremamente attivi, che ànno luogo durante le prime fasi dell'evoluzione, implicano un immenso eccesso delle forze molecolari sopra quelle forze antagonistiche che l'aggregato esercita sulle molecole. Mentre questo eccesso continua, esso è speso nell'accrescimento, nello sviluppo, e nella funzione: e il dispendio diretto a uno di questi scopi è prova che una parte della forza costituente le tensioni molecolari rimane non equilibrata. Da ultimo tuttavia, questo eccesso diminuisce. O, come accade ne gli organismi che non spendono molta energia, la diminuzione dell'assimilazione conduce al suo declinare; o, come ne gli organismi che spendono molta energia, essa è controbilanciata dalle reazioni rapida-

mente crescenti dell'aggregato (§ 46). La cessazione dell'accrescimento quand'è seguita, come accade in alcuni organismi, dalla morte, implica l'arrivo a un equilibrio tra le forze molecolari e quelle forze che l'aggregato oppone ad esse. Quando, come in altri organismi, l'accrescimento termina nello stabilirsi di un equilibrio mobile, ciò presuppone una tale diminuzione nella preponderanza delle forze molecolari, che non lascia alcun soprappiù fuori di quello che è consumato nelle funzioni. L'attività funzionale declinante, che caratterizza la vita avanzata, esprime un ulteriore abbassamento in questo soprappiù. E quando tutti i movimenti vitali vengono a termine, ciò implica che le azioni delle unità sull'aggregato e le reazioni dell'aggregato sulle unità sono completamente bilanciate. Quindi, mentre uno stato di rapido accrescimento indica tra le unità di un aggregato un gioco di forze capace di produrre una ridistribuzione attiva, la diminuzione e l'arresto dell'accrescimento mostra che le unità sono cadute in posizioni relative tali, che la ridistribuzione non è più così facile. Per ciò, quando vediamo che la gamogenesi si presenta soltanto col diminuire dell'accrescimento, o allorchè questo è venuto a termine, dobbiamo dire ch'essa si presenta soltanto quando le unità organiche si vanno avvicinando all'equilibrio — solo quando le loro restrizioni reciproche impediscono ad esse di cambiare prontamente le proprie posizioni in obbedienza alle forze incidenti.

Che le unità di forme simili possano costituire un aggregato più stabile che le unità di forme leggermente dissimili, è abbastanza manifesto *a priori*. E abbiamo fatti i quali provano che la mescolanza di unità affini ma alquanto differenti conduce *effettivamente* a una comparativa instabilità. La maggior parte delle leghe metalliche esemplifica questa verità. Lo stagno comune, che è una mistura di piombo e di latta, si liquefa a una temperatura assai più bassa del piombo o della latta. Il composto di piombo, latta e bismuto, detto «metallo fusibile», diventa fluido alla temperatura dell'acqua bollente; mentre la temperatura a cui il piombo, la latta e il bismuto diventano fluidi, sono rispettivamente 612°, 442°, e 497° F. Ancor più notevole è l'illustrazione fornita dal potassio e dal sodio. Questi metalli sono molto affini sotto tutti gli aspetti — nella loro gravità specifica, nel loro peso atomico, nelle loro affinità chimiche, e nelle proprietà dei loro composti. Ciò è a dire, tutte le prove si uniscono per mostrare che le loro unità, benchè non identiche, ànno una stretta rassomiglianza. Che cosa accade ora, quando esse sono mescolate? Il potassio da solo si liquefa a 136°, il sodio da solo si liquefa a 190°, ma la lega di potassio e sodio è liquida

alla temperatura ordinaria dell'aria. Si osservi il significato di questi fatti, espresso in termini generali. Se un gruppo qualunque di unità conserva una forma solida, ciò implica tra esse una disposizione così stabile ch'essa non è distrutta dalle forze incidenti. Invece il costituirsi di una forma liquida implica che le forze incidenti bastano per distruggere la disposizione delle unità. Nell'un caso le ondulazioni termiche non riescono a spostare le parti; mentre nell'altro caso le parti sono spostate da queste ondulazioni in modo ch'esse cadono in un totale disordine — un disordine che permette un facile riordinamento in un'altra disposizione qualunque. Infatti lo stato liquido è uno stato in cui le unità diventano così libere da restrizioni reciproche, fino al punto che le forze incidenti possono cambiare le loro posizioni relative con grande facilità. Così noi abbiamo ragione di concludere che un aggregato di unità le quali, benchè in complesso simili le une alle altre, ànno minori differenze, dev'essere più instabile che un aggregato di unità omogenee. L'uno cederà a forze perturbatrici a cui l'altro resiste con fortuna.

Ora benchè le molecole colloidali, di cui gli organismi sono principalmente costruiti, siano esse stesse altamente composte; e benchè le unità fisiologiche costituite di queste molecole colloidali debbano avere strutture ben più complicate, pure deve accadere con tali unità, come accade con le unità semplici, che quelle le quali ànno forme esattamente simili saranno capaci di ordinarsi in un aggregato più stabile che quelle aventi forme leggermente dissimili. Tra le unità di quest'ordine, come tra le unità di un ordine più semplice, la somiglianza imperfetta deve dar luogo a un equilibrio imperfetto in qualunque cosa formata di esse, e una conseguente minore capacità di far fronte alle forze perturbatrici. Quindi, dati due organismi i quali per la nutrizione diminuita o per il consumo accresciuto, stanno per essere arrestati nel loro sviluppo — dato in ciascuno un equilibrio approssimativo tra le forze delle unità e le forze dell'aggregato — dato cioè tra le unità uno stato di comparativo equilibrio tale che il riordinamento di esse per opera delle forze incidenti non è più così facile; ne seguirà che unendo un gruppo di unità di un organismo con un gruppo di unità leggermente differenti dell'altro, la tendenza verso l'equilibrio sarà diminuita, e le unità mescolate saranno rese più modificabili nei loro ordinamenti dalle forze che agiscono su di esse: esse saranno liberate fino al punto da diventare di nuovo capaci di quella ridistribuzione che costituisce l'evoluzione.

E ora mettiamo alla prova questa ipotesi vedendo quale potere essa ci dà d'interpretare le induzioni stabilite.

§ **93.** Siccome le piante sono per la maggior parte ermafrodite, si è supposto fino a un'epoca recentissima che gli ovuli di ciascun fiore siano fecondati col polline delle antere dello stesso fiore. Il Darwin, tuttavia, à dimostrato che le disposizioni sono generalmente tali da impedir ciò. O gli ovuli e il polline non maturano simultaneamente, od ostacoli impediscono l'accesso di questo a quelli. Allo stesso tempo egli à dimostrato che esistono disposizioni, spesso di una specie notevole, che facilitano il trasferimento del polline mediante gl'insetti da gli stami di un fiore al pistillo di un altro. Similmente, si è trovato che tra gli animali inferiori l'ermafroditismo non implica per solito la produzione di uova feconde mercè l'unione delle cellule spermatiche e delle cellule germinali sviluppate nello stesso individuo; ma i centri riproduttivi di un individuo si uniscono con quelli di un altro per produrre le uova. O, come nel *Pyrosoma*, nella *Pirophora*, e in molti molluschi più elevati, le uova e gli spermatozoi maturano in epoche differenti; o, come ne gli Anellidi, sono impediti dalle loro posizioni relative di venire in contatto.

Ricordando il fatto che tra le classi più elevate di organismi, la fecondazione si effettua sempre mediante il combinarsi della cellula spermatica di un individuo con la cellula germinale di un altro; e unendo ad esso il fatto precedente che tra gli organismi ermafroditi, le cellule germinali sviluppate in un individuo non sono per solito fecondate dalle cellule spermatiche sviluppate nello stesso individuo, troviamo ragione per credere che la cosa essenziale nella fecondazione è l'unione di porzioni specialmente adatte di organismi *differenti*. Se la fecondazione dipendesse dalle proprietà peculiari della cellula spermatica e della cellula germinale, come tali, allora ne gli organismi ermafroditi, sarebbe indifferente se le cellule spermatiche e le cellule germinali unite fossero quelle dello stesso individuo o quelle di individui differenti. Ma la circostanza che in tali organismi esistono meccanismi elaborati per la reciproca fecondazione, mostra che la dissomiglianza di derivazione nei centri produttivi uniti è ciò che si vuole. Ora è appunto questo che l'ipotesi precedente implica. Se, come si concluse, la fecondazione à per suo obiettivo il perturbamento di quel prossimo equilibrio che esiste tra le unità fisiologiche separate da un organismo adulto; e se, come vedemmo esservi ragione per credere, questo obiettivo si effettua mercè la mescolanza con le unità fisiologiche leggermente differenti di un altro organismo, allora noi vediamo allo stesso tempo che esso non sarà effettuato mercè la mescolanza con unità fisiologiche appartenenti allo stesso

organismo. Così l'ipotesi ci conduce a prevedere quei meccanismi che troviamo.

§ **94.** Ma qui si presenta una difficoltà. Queste proposizioni sembrano implicare la conclusione che l'auto-fecondazione sia impossibile. Segue apparentemente da esse, che un gruppo di unità fisiologiche di una parte di un organismo non dovrebbe avere alcun potere di alterare lo stato di prossimo equilibrio in un gruppo derivante da un'altra parte di esso. Pure l'auto-fecondazione si presenta. Benchè gli ovuli di una pianta siano generalmente fecondati dal polline di un'altra pianta dello stesso genere, tuttavia possono, alcuni di essi, esser fecondati dal polline della stessa pianta; e, in vero, ci sono piante nelle quali l'autofecondazione è la regola; essendosi provvisto anche in alcuni casi a impedire la fecondazione mediante il polline di altri individui. E benchè, tra gli animali ermafroditi, l'auto fecondazione sia per solito resa impossibile da disposizioni di struttura o di funzione, tuttavia in certi Entozoi sembrano esservi speciali meccanismi per cui le cellule spermatiche e le cellule germinali dello stesso individuo possono unirsi, quando non siano precedentemente unite con quelle di un altro individuo. Anzi, è stato anche dimostrato che in certe Ascidie i contenuti dell'ovidotto e del canale spermatico dello stesso individuo producono, quando sono uniti, uova feconde donde si svolgono individui perfetti. Certamente, a prima vista, questi fatti non si accordano con la supposizione precedente. Non di meno vi è qualcosa che assomiglia ad una soluzione.

Nell'ultimo capitolo, considerando le variazioni cagionate nella prole dall'unione di elementi rappresentanti costituzioni parentali dissimili, fu fatto notare che in un organismo in via di sviluppo, composto di unità fisiologiche leggermente differenti, derivate da genitori leggermente differenti, non si può conservare una distribuzione eguale de i due ordini di unità. Vedemmo che l'instabilità dell'omogeneo rende impossibile la fusione uniforme di esse; e che mediante il processo di differenziazione e integrazione, esse devono essere più o meno separate; così che in una parte del corpo predominerà l'influenza di un genitore, e in un'altra parte del corpo l'influenza dell'altro genitore: una conclusione che armonizza con l'osservazione quotidiana. Vedemmo altresì che le cellule spermatiche o le cellule germinali prodotte da un tale organismo devono, in virtù di queste stesse leggi, essere più o meno dissimili l'una dall'altra. Fu dimostrato che, mediante la segregazione, alcune delle cellule spermatiche o delle cellule germinali prenderanno un eccesso delle unità fisio-

logiche derivate da un lato, e alcune di esse un eccesso di quelle derivate dall'altro lato: una causa che rende conto delle dissomiglianze tra i figli simultaneamente prodotti. Ora da questa segregazione de i differenti ordini di unità fisiologiche, ereditate da differenti genitori e linee di antenati, sorge la possibilità dell'auto-fecondazione ne gli organismi ermafroditi. Se le unità fisiologiche contenute nelle cellule spermatiche e nelle cellule germinali dello stesso fiore non sono del tutto omogenee — se in alcuni de gli ovuli le unità fisiologiche derivate da un genitore predominano grandemente, e in altri quelle derivate dall'altro genitore; e se il medesimo è vero delle cellule del polline, allora alcuni de gli ovuli possono presentare nei caratteri delle loro unità contenute contrasti quasi così grandi con alcune delle cellule del polline, come quelli cui presentavano gli ovuli e le cellule polliniche dei genitori da i quali derivò la pianta. Tra una parte delle cellule spermatiche e una parte delle cellule germinali, la comunità di natura sarà tale che la fecondazione non risulterà dalla loro unione; ma tra alcune di esse, le differenze di costituzione saranno tali che la loro unione produrrà l'instabilità molecolare richiesta. I fatti, per quanto sono conosciuti, sembrano in armonia con questa deduzione. L'auto-fecondazione ne i fiori, quando à luogo, non è così efficace come la fecondazione reciproca. Benchè alcuni de gli ovuli producano semi, pure essi sono abortivi in maggior numero del solito. Dal che, in vero, risulta lo stabilirsi di varietà che ànno strutture favorevoli alla fecondazione reciproca, poichè, essendo più prolifiche, queste ànno, a parità di altre condizioni, maggiori probabilità di riuscita nella « lotta per l'esistenza ».

Vi sono ulteriori prove che appoggiano questa interpretazione. Vi à ragione di credere che l'auto-fecondazione, la quale nella migliore ipotesi è comparativamente inefficace, perde ogni efficacia nel corso del tempo. Dopo aver dato una spiegazione dei meccanismi che servono a un incrocio occasionale, o frequente, o costante, tra i fiori; e dopo aver citato il Prof. Huxley all'effetto che tra gli animali ermafroditi non vi è alcun caso in cui si può dimostrare che l'influenza occasionale di un individuo distinto sia fisicamente impossibile, il Darwin scrive: — « da queste diverse considerazioni e da i molti fatti speciali che ò raccolto, ma che qui non sono in grado di dare, io sono fortemente inclinato a sospettare che, tanto nel mondo vegetale quanto in quello animale, un incrocio occasionale con un individuo distinto è una legge di natura. . . . . . in nessun individuo, com'io suppongo, può l'auto-fecondazione procedere perpetuamente ». Questa conclusione, basata interamente

su i fatti osservati, è appunto la conclusione a cui accenna l'argomento precedente. Quella necessaria azione e reazione tra le parti di un organismo e l'organismo come un tutto — quel potere di un aggregato di trasformare le unità, che è il correlativo del potere delle unità di costituire un tale aggregato, implica che qualunque differenza esistente tra le unità ereditate da un organismo deve gradatamente diminuire. Essendo soggette in comune alle forze totali dell'organismo, esse saranno in comune modificate verso la conformità con queste forze, e per ciò verso la rassomiglianza tra loro. Se, dunque, in un organismo auto-fecondatore e ne' suoi discendenti auto-fecondatori, quei contrasti che originariamente esistevano tra le unità fisiologiche sono progressivamente obliterati — se, per conseguenza, non vi può più essere una segregazione delle differenti unità fisiologiche in differenti cellule spermatiche e cellule germinali, l'auto-fecondazione diventerà impossibile. Passo passo la fecondazione diminuirà, e la serie finalmente si estinguerà.

E ora si osservi, quale conferma di questa dottrina, che l'auto-fecondazione è limitata a organismi nei quali un equilibrio approssimativo tra le forze organiche non si conserva a lungo. Mentre lo sviluppo va procedendo attivamente, e le unità fisiologiche sono soggette a una distribuzione continuamente mutevole di forze, non si può aspettare un'assimilazione decisa delle unità; forze simili agenti sulle unità dissimili tenderanno a segregarle, fino a tanto che il continuare dell'Evoluzione permette una ulteriore segregazione; e solo quando una ulteriore segregazione non può procedere, le forze simili tenderanno ad assimilare le unità. Quindi, dove vi à un equilibrio organico approssimativo che non si conserva a lungo, l'auto-fecondazione può essere possibile per alcune generazioni; ma sarà impossibile in organismi distinti da un equilibrio mobile sostenuto.

§ **95.** L'interpretazione ch'essa offre di parecchi fenomeni familiari a gli allevatori di animali, aggiunge probabilità all'ipotesi. Il Darwin à raccolto una grande « messe di fatti, per mostrare, in accordo con la quasi universale convinzione de gli allevatori, che tra gli animali e le piante un incrocio tra varietà differenti, o tra individui della stessa varietà ma di un altro sangue, dà vigore e fecondità alla prole; e da l'altro lato, che una *stretta* consanguineità tra i genitori diminuisce il vigore e la fecondità », — una conclusione la quale armonizza con l'opinione comune riguardo ai matrimoni di famiglia nella razza umana.

Non abbiamo noi qui una soluzione di questi fatti ? I parenti devono, nella media dei casi, essere individui le cui unità fisiologiche sono più rassomiglianti del solito. Gli animali di varietà differenti devono essere quelli le cui unità fisiologiche sono più dissimili del solito. Nell'un caso, la dissomiglianza delle unità può frequentemente esser insufficiente a produrre la fecondazione: o, se sufficiente a produrre la fecondazione, non sufficiente a produrre quell'attivo cambiamento molecolare che è richiesto per uno sviluppo vigoroso. Nell'altro caso, tanto la fecondazione quanto lo sviluppo vigoroso saranno resi probabili.

Nè ci manca una causa per spiegare le manifestazioni irregolari di queste tendenze generali. Siccome le unità fisiologiche miste che compongono qualunque organismo sono, come abbiamo visto, più o meno segregate ne i centri riproduttivi ch'esso stacca da sè, possono sorgere vari risultati secondo i gradi di differenza tra le unità, e i gradi in cui le unità sono segregate. Di due cugini che si sono sposati, gli avoli comuni possono aver avuto costituzioni simili o dissimili; e se le loro costituzioni erano dissimili, la probabilità che i loro nipoti sposando avranno prole, sarà maggiore di quella che sarebbe se le loro costituzioni erano simili. O pure i fratelli e le sorelle da cui discesero questi cugini, invece di ereditare le costituzioni dei loro genitori in grado abbastanza eguale, possono averle particolarmente ereditate in gradi assai differenti: nel quale ultimo caso, i matrimoni tra cugini si mostreranno meno probabilmente infecondi. O pure i fratelli e le sorelle da cui essi discesero, possono aver sposato persone molto simili a sè o molto dissimili; e da questa causa possono essere risultate o una somiglianza eccessiva o una giusta dissomiglianza tra i cugini sposati (1). Queste diverse cause, in accordo o in conflitto tra loro in modi e gradi innumerevoli, opereranno effetti multiformi. Di più, le differenze di segregazione faranno sì che i centri riproduttivi, prodotti da gli stessi organismi imparentati da vicino, variino considerevolmente nelle loro somme di dissomiglianza; e perciò, supponendo che le loro somme di disso-

(1) Io omisi di menzionare qui una causa che può essere ancor più potente nel produrre irregolarità nei risultati dei matrimoni tra cugini. Per quel che so, non si è fatto alcun tentativo di distinguere tra quei risultati che sorgono quando i genitori imparentati, da cui i cugini discendono, sono dello stesso sesso, e quelli che sorgono quando essi sono di sessi differenti. Nell'un caso due sorelle ànno figli che si sposano; e nell'altro caso un fratello e una sorella ànno figli che si sposano. I matrimoni di cugini in questi due casi possono essere affatto dissimili nei loro risultati. Se vi è una tendenza alla limitazione dell'eredità derivante dal sesso, se le femmine per solito ereditano dalla madre più che i maschi, mentre i maschi ereditano dal padre più che dalla madre, allora le

miglianza siano grandi abbastanza da dar luogo alla fecondazione, questa fecondazione sarà efficace in gradi varii. Quindi può accadere che tra la prole di genitori imparentati da vicino vi siano alcuni figli in cui la mancanza di vigore non è spiccata, e altri in cui vi abbia una decisa mancanza di vigore. Così che ci è mostrato allo stesso tempo perchè le unioni fra consanguinei ripetute nelle generazioni successive tendono a diminuire fecondità e vigore; e perchè l'effetto non può essere un effetto uniforme, ma solo un effetto medio.

§ **96.** Mentre, se gli argomenti precedenti sono validi, la gamogenesi à per suo risultato principale l'inizio di un nuovo sviluppo mediante la distruzione di quell'equilibrio approssimativo a cui sono giunte le molecole de gli organismi generatori, sembra ch'essa serva ad un ulteriore risultato. Quegli organismi inferiori, che abitualmente si moltiplicano per agamogenesi, ànno condizioni di vita che sono semplici e uniformi; mentre quegli organismi che ànno condizioni di vita altamente complesse e variabili, abitualmente si moltiplicano per gamogenesi. Ora se una specie à condizioni di vita complesse e variabili, i suoi membri devono essere singolarmente esposti a sistemi di condizioni che sono leggermente differenti: gli aggregati delle forze incidenti non possono essere eguali per tutti gli individui sparsi. Quindi, siccome la deviazione funzionale deve sempre indurre una deviazione di struttura, ciascun individuo in tutta l'area occupata tende a diventare adatto per le abitudini particolari, cui rendono necessarie le sue particolari condizioni; e fino a questo punto, inadatto per le abitudini medie proprie alla specie. Ma queste specializzazioni eccessive sono continuamente ostacolate dalla gamogenesi. Come il Darwin osserva, « l'incrocio rappresenta una parte assai importante nella natura in quanto mantiene gl'individui della stessa specie, o della stessa varietà, costanti e uniformi nel carattere »: le divergenze idiosincratiche si cancellano tra loro. La gamogenesi, dunque, è un mezzo per volgere a un vantaggio positivo

---

due sorelle saranno nella media dei casi più simili nella costituzione che una sorella e un fratello. Per conseguenza i discendenti di due sorelle differiscono nelle loro costituzioni meno che i discendenti di un fratello e di una sorella; e il matrimonio nel primo caso si mostrerà più probabilmente dannoso per la mancanza di dissomiglianza nelle unità fisiologiche che il matrimonio nel secondo caso. Anche il mio piccolo circolo di amici fornisce prove che tendono a verificare questa conclusione. In un caso due cugini che si sposarono sono figli di due sorelle, e non ànno prole. In un altro i cugini che si sposarono sono figli di due fratelli, e non ànno prole. Nel terzo caso i cugini erano discendenti di due fratelli, e ne risultò un solo bambino.

le differenziazioni individuali che, mancando essa, risulterebbero in uno svantaggio positivo. Se non fosse che gl'individui sono continuamente resi dissimili l'uno dall'altro dalle loro condizioni dissimili, non sorgerebbero in essi quei contrasti di costituzione molecolare, che noi abbiamo veduto essere necessari per produrre i germi fecondati di nuovi individui. E se queste differenziazioni individuali non si cancellassero continuamente tra loro, esse terminerebbero in una fatale ristrettezza di adattamento.

Questa verità si vedrà nel modo più chiaro, se la riduciamo alla sua forma puramente astratta, così: — Supponiamo una specie del tutto omogenea, posta in condizioni del tutto omogenee; e supponiamo che le costituzioni di tutti i suoi membri siano in accordo completo con le loro condizioni assolutamente uniformi e costanti; che cosa deve accadere? La specie, individualmente e collettivamente, è in uno stato di perfetto equilibrio mobile. Tutte le forze perturbatrici sono state eliminate. Nessuna forza rimane la quale possa, in qualsiasi modo, cambiare lo stato di questo equilibrio mobile; o nella specie come un tutto o ne' suoi membri. Ma abbiamo visto (*Primi Principii*, § 173) che un equilibrio mobile non è che una transizione verso l'equilibrio completo, o la morte. L'assenza di forze differenziali o non equilibrate tra i membri di una specie, è l'assenza di tutte le forze che possono causare cambiamenti nelle condizioni de' suoi membri — è l'assenza di tutte le forze che possono iniziare nuovi organismi. Dire, come sopra, che la completa omogeneità molecolare esistente tra i membri di una specie deve rendere impossibile quel reciproco perturbamento molecolare che costituisce la fecondazione, non è che un'altra maniera di dire che siccome le azioni e reazioni di ciascun organismo sono in perfetto equilibrio con le azioni e reazioni dell'ambiente su di esso, non rimane in ciascun organismo forza alcuna per la quale esso differisca da qualsiasi altro — nessuna forza alla quale qualunque altro organismo non risponda con una forza eguale — nessuna forza la quale possa iniziare una nuova evoluzione tra le unità di un altro.

E così noi giungiamo alla notevole conclusione che la vita di una specie, al pari della vita di un individuo, si conserva mediante le azioni ineguali e sempre mutevoli delle forze incidenti sulle sue differenti parti (1). Un individuo del tutto omogeneo, e la cui sostanza fosse

(1) A proposito di questa frase uno de' miei critici scrive: — « Io non posso trovare in questo libro l'affermazione antecedentemente fatta che *la vita di un individuo si conserva*

ovunque continuamente soggetta ad azioni simili, non potrebbe subire alcuno di quei cambiamenti di cui consiste la vita; e similmente, una specie assolutamente uniforme, avente tutti i suoi membri esposti a influenze identiche, sarebbe privata di quell'impulso iniziale ai cambiamenti che conserva la sua esistenza come specie. Appunto come, in ciascun organismo, le forze incidenti producono costantemente divergenze dallo stato medio in varie direzioni, che sono costantemente bilanciate da divergenze opposte indirettamente prodotte da altre forze incidenti; e appunto come la combinazione di funzioni ritmiche così mantenuta costituisce la vita dell'organismo: così, in una specie, vi à, mediante la gamogenesi, una perpetua neutralizzazione di quelle deviazioni contrarie dallo stato medio che sono causate nelle sue differenti parti da i differenti sistemi di forze incidenti; ed è similmente mercè la produzione e compensazione ritmica di queste deviazioni contrarie che la specie continua a vivere. L'equilibrio mobile in una specie, al pari dell'equilibrio mobile in un individuo, terminerebbe rapidamente nell'equilibrio completo, ossia nella morte, se le sue forze continuamente dissipate non fossero continuamente rifornite dal di fuori. Oltre a derivare dal mondo esterno quelle energie le quali, di momento in momento, mantengono la vita de' suoi membri individuali, ogni specie deriva da certe azioni più indirette del mondo esterno quelle energie che la pongono in grado di perpetuarsi nelle generazioni successive.

---

mediante le azioni ineguali e sempre mutevoli delle forze incidenti sulle sue differenti parti. Recenti lavori fisiologici offrono un esempio sorprendente di questa affermazione ».

Alla questione contenuta nella prima frase rispondo che io non ò fatto l'affermazione nelle parole precedenti, ma che essa è presupposta nel capitolo intitolato: « Il grado di Vita varia come il grado di Corrispondenza », e più specialmente nel § 36, che, verso la fine, definitamente implica l'affermazione. La prova verificatrice che il mio critico mi dà è questa:

« Il Prof. Sherrington à dimostrato che se si tagliano ad una ad una le radici sensorie dei nervi spinali, da principio non si produce alcun effetto generale. Ciò è a dire, il rimanente del sistema nervoso continua a funzionare come prima. Questa condizione (mancanza di effetto generale) persiste finchè sono state tagliate circa sei paja. Col taglio del settimo pajo, tuttavia, l'intero sistema nervoso centrale cessa di funzionare, così che la stimolazione dei nervi sensorii intatti non produce alcuna azione riflessa. Dopo un periodo variabile, ma della durata di molte ore, la facoltà di funzionare è riacquistata. Ciò è a dire, se gl'impulsi sensorii (dalla pelle, ecc.) raggiungendo il sistema nervoso centrale sono rapidamente ridotti nella somma, viene un punto dove quelli che rimangono non sono sufficienti a tenere la struttura *sveglia*. Dopo un certo tempo, tuttavia, essa si adatta ad agire con la somma diminuita di stimoli. Similmente Strumpell descrive il caso di un ragazzo *i cui apparati sensoriali erano tutti paralizzati fuorchè un occhio e un orecchio*. Quando questi si chiudevano, egli si addormentava istantaneamente ».

§ **97.** Quelle prove che rimangono ancora possono essere opportunamente collegate insieme con una ricapitolazione dell'argomento seguito nei tre ultimi capitoli. Consideriamo i fatti nel loro ordine sintetico.

Quel processo di composizione, e ricomposizione, attraverso il quale passiamo dalle più semplici sostanze inorganiche alle sostanze organiche più complesse, à diversi concomitanti. Ciascuna fase successiva di composizione ci presenta molecole che sono singolarmente più grandi o più integrate, che sono singolarmente più eterogenee, che sono singolarmente più instabili, e che sono più numerose nelle loro specie (*Primi Principii*, § 151). E quando veniamo alle sostanze di cui sono formati i corpi viventi, ci troviamo in mezzo a innumerevoli gruppi e sottogruppi divergenti di composti, le unità dei quali sono grandi, eterogenee, e instabili in alti gradi. Non vi à alcuna ragione di supporre che questo processo termini con la formazione di quei colloidi complessi che costituiscono la materia organica. Una supposizione più probabile e che dalle complesse molecole colloidali si svolgano, per una ancor ulteriore integrazione, molecole le quali sono ancor più eterogenee, e di specie che sono ancor più numerose. Quali devono essere le loro proprietà? Già le molecole colloidali sono estremamente instabili — capaci di essere variamente modificate nei loro caratteri da forze incidenti molto piccole; e già la complessità delle loro polarità impedisce ad esse di cadere facilmente in quelle posizioni di equilibrio che risultano nella cristallizzazione. Ora le molecole organiche, composte di queste molecole colloidali, devono essere similmente caratterizzate in gradi ben più alti. Ben più numerosi devono essere i piccoli cambiamenti che possono essere operati in esse da piccole forze esterne; ben più libere devono esse rimanere per un lungo tempo di obbedire alle forze che tendono a ridistribuirle; e ben più grande dev'essere il numero delle loro specie.

Partendo da queste unità fisiologiche, la cui esistenza vari fenomeni organici ci costringono a riconoscere, e la cui produzione la legge generale di Evoluzione ci conduce in tal guisa ad anticipare, noi riusciamo a veder chiaro nei fenomeni della Genesi, dell'Eredità, e della Variazione. Se ciascun organismo è costruito di talune di queste unità altamente plastiche peculiari alla sua specie — unità le quali operano lentamente verso un equilibrio delle complesse loro attitudini, nel produrre un aggregato di struttura specifica, e che sono allo stesso tempo lentamente modificabili per effetto delle reazioni di questo aggregato — vediamo perchè la moltiplicazione de gli organismi procede nei diversi modi, e con i vari risultati, che i naturalisti ànno osservato.

L'eredità, quale si mostra non solo nella ripetizione della struttura specifica ma nella ripetizione delle deviazioni da essa avvenute ne gli antenati, diventa una cosa evidente; e viene a essere in accordo col fatto che, in vari organismi inferiori, le parti perdute possono essere sostituite, e che, in organismi ancor più bassi, un frammento può svilupparsi in un tutto.

Mentre un aggregato di unità fisiologiche continua a crescere mercè l'assimilazione di materia ch'esso trasforma in altre unità di tipo simile; e mentre esso continua ad andar soggetto a cambiamenti di struttura, nessun equilibrio può esser raggiunto tra il tutto e le sue parti. Sotto queste condizioni, dunque, una porzione non differenziata dell'aggregato — un gruppo di unità fisiologiche non collegate in un tessuto specializzato — sarà capace di ordinarsi nella struttura peculiare alla specie; e così si ordinerà, se sia liberata da forze dominanti e posta in condizioni adatte di nutrizione e temperatura. Di qui il continuare dell'agamogenesi ne gli organismi poco differenziati, fino a tanto che l'assimilazione continua ad essere grandemente in eccesso del consumo.

Ma si faccia sì che l'accrescimento sia arrestato e lo sviluppo si avvicini al suo completamento — si faccia sì che le unità dell'aggregato siano singolarmente esposte ad una quasi costante distribuzione di forze, ed esse devono cominciare ad equilibrarsi. Ordinate, come accadrà gradatamente, in attitudini comparativamente stabili in relazione l'una con l'altra, la loro mobilità diminuirà; e certi gruppi di esse, parzialmente o interamente distaccati, non si riordineranno più facilmente nella forma specifica. L'agamogenesi non sarà più possibile; o, se possibile, non sarà più così facile.

Quando ricordiamo che la forza che tiene la Terra nella sua orbita è la gravitazione di ciascuna particella nella Terra verso ognuna del gruppo di particelle esistenti alla distanza di 92.000.000 di miglia, noi non possiamo ragionevolmente dubitare che ciascuna unità in un organismo non agisca su tutte le altre unità, e non sia soggetta a una reazione da parte di esse: non per effetto della gravitazione soltanto, ma principalmente di altre energie. Quando, pure, apprendiamo che la costituzione molecolare del vetro è cambiata dalla luce, e che gli atomi di sostanze così rigide e stabili come i metalli sono spostati in un ordine diverso per effetto delle forze irradiate nell'oscurità da gli oggetti adiacenti (1), noi siamo costretti a concludere che le unità eccessivamente

(1) Cinquant'anni prima della scoperta dei raggi Röntgen e di quelli emanati abitualmente dall'uranio, era stato osservato da Moser che sotto certe condizioni le superficie

instabili, di cui sono costituiti gli organismi, devono essere sensibili in un grado enorme a tutte le forze pervadenti gli organismi composti di esse — devono tendere sempre a riadattare, non solo le loro attitudini relative, ma le loro strutture molecolari, in equilibrio con queste forze. Quindi, se gli aggregati della stessa specie sono differentemente condizionati, e reagiscono differentemente sulle loro unità componenti, queste saranno rese alquanto differenti; ed esse diventeranno tanto più differenti quanto più ampiamente differiscono le reazioni de gli aggregati su di esse, e quanto maggiore è il numero delle generazioni attraverso le quali continuano queste differenti reazioni de gli aggregati su di esse.

Se, dunque, le dissomiglianze di funzioni tra gli individui della stessa specie producono dissomiglianze tra le unità fisiologiche di un individuo e quelle di un altro, diventa comprensibile che quando si uniscono gruppi di unità derivate da due individui, il gruppo formato sarà più instabile che non fosse l'uno o l'altro dei gruppi prima della loro unione. Le unità mescolate saranno meno capaci di resistere a quelle forze ridistributrici che son causa dell'evoluzione; e in tal guisa potranno riacquistare la capacità di sviluppo ch'esse avevano perduto.

Questa dottrina armonizza con la conclusione, che noi vedemmo esservi ragione di trarre, che la fecondazione non dipende da certe peculiarità intrinseche delle cellule spermatiche e delle cellule germinali, ma dipende dalla loro derivazione da individui differenti. Essa spiega il fatto che gl'individui strettamente imparentati avranno prole con minore probabilità di altri, e il fatto che i loro figli, quando li ànno, sono frequentemente deboli. E ci dà una chiave per render conto del fatto opposto che l'incrocio delle varietà risulta in un vigore insolito.

Tenendo in mente che gli ordini leggermente differenti di unità fisiologiche, che un organismo eredita da' suoi genitori, sono soggetti al medesimo sistema di forze, e che quando l'organismo è pienamente sviluppato questo sistema di forze, diventando costante, tende lentamente a ridurre i due ordini di unità nella stessa forma, noi vediamo come accade che l'auto-fecondazione diventa impossibile ne gli organismi più alti, mentre rimane possibile ne gli organismi inferiori. Ne gli esseri dalla vita lunga che ànno limiti abbastanza definiti di accrescimento, questa assimilazione delle unità fisiologiche alquanto dissimili è capace

---

dei metalli ricevono impressioni permanenti da oggetti appropriati posti su di esse. Tali fatti mostrano che le molecole delle sostanze propagano in tutte le direzioni speciali ondulazioni eteree determinate dalle loro costituzioni speciali.

di andare avanti in una misura apprezzabile; laddove ne gli organismi che non assoggettano continuamente le loro unità componenti a forze costanti, vi sarà assai meno di questa assimilazione. E dove l'assimilazione non è considerevole, la segregazione delle unità mescolate può far sì che le cellule spermatiche e le cellule germinali sviluppate nello stesso individuo siano sufficientemente differenti per produrre, mercè la loro unione, germi fecondi; e parecchie generazioni di discendenti autofecondatori si possono succedere l'una all'altra, prima che le dissomiglianze dei due ordini di unità siano diminuite fino al punto ch'essi non faranno più ciò. Gli stessi principii ci spiegano i risultati variabili delle unioni tra organismi strettamente imparentati. Secondo i contrasti tra le unità fisiologiche ch'essi ereditano da genitori e antenati; secondo le proporzioni dissimili delle unità opposte ch'essi singolarmente ereditano; e secondo i gradi di segregazione di tali unità nelle differenti cellule spermatiche e cellule germinali, può accadere che due individui affini produrranno il loro numero ordinario di figli o non ne produrranno alcuno; o in un periodo saranno fecondi e in un altro no; o in un periodo avranno prole abbastanza robusta e in un altro prole debole.

Alle stesse cause si possono altresì attribuire i fenomeni della Variazione. Questi non appariscono mentre le condizioni abbastanza uniformi di una specie mantengono una sufficiente uniformità tra le unità fisiologiche de' suoi membri; ma diventano evidenti quando le differenze di condizioni, dando luogo a considerevoli differenze funzionali, ànno prodotto differenze decise tra le unità fisiologiche, e quando le differenti unità fisiologiche, differentemente connesse in ogni individuo, vengono a essere variamente segregate e variamente combinate.

Se lo spazio lo permettesse, si potrebbe dimostrare che questa ipotesi è una chiave per spiegare molti altri fatti — il fatto che le razze miste sono comparativamente plastiche sotto nuove condizioni; il fatto che le razze pure mostrano influenze predominanti nella prole quando sono incrociate con razze miste; il fatto che mentre le razze miste di animali sono spesso di maggiore sviluppo, le razze pure sono più robuste — ànno funzioni che sono meno facilmente messe fuori di equilibrio. Ma senza prolungare l'argomento si ammetterà, io credo, che il potere questa ipotesi spiegare tanti fenomeni, e collegare in un vincolo comune fenomeni che sembrano così poco affini, è una forte prova della sua verità. E tale prova acquista grandemente di forza osservando che questa ipotesi porta i fatti della Genesi, dell'Eredità, e della Variazione, in armonia con i primi principii. Vediamo che queste plastiche

unità fisiologiche, che ci troviamo costretti ad ammettere, sono appunto quelle molecole più integrate, più eterogenee, più instabili, e più multiformi, che risulterebbero dalla continuazione del processo graduale attraverso il quale si giunge alla materia organica. Vediamo che le differenziazioni di esse, che si suppone abbiano luogo in aggregati posti in condizioni differenti, e i processi di equilibrio, che si suppone abbiano luogo in aggregati i quali mantengono condizioni costanti, non sono altro che corollari di quei principii universali risultanti dalla persistenza della forza. Vediamo che la conservazione della vita nelle generazioni successive di una specie diventa una conseguenza dell'incidenza continua di nuove forze sulla specie, per sostituire le forze che vanno sempre ritmicamente equilibrandosi nella propagazione della specie. E in tal guisa vediamo che questi fenomeni apparentemente eccezionali, manifestati nella moltiplicazione de gli esseri organici, vengono ad avere il loro posto come risultati delle leggi generali dell'Evoluzione. Abbiamo, per ciò, gravi ragioni per accogliere l'ipotesi che ci offre questa interpretazione.

CAPITOLO X A.

Genesi, Eredità e Variazione.

(CONCLUSIONE).

§ **97** *a*. Da che furono scritti i quattro capitoli precedenti, trentaquattro anni or sono, gli argomenti di cui trattano sono stati ampiamente discussi e molte dottrine proposte. Antiche ipotesi sono state abbandonate, e altre ipotesi, riferentisi tacitamente o apertamente alla teoria cellulare, sono state messe avanti. Prima di procedere sarà bene descrivere le principali tra queste.

Nella maggior parte, se non tutte, esse partono dalla supposizione, che nel § 66 si dimostrò essere necessaria, che i caratteri strutturali de gli organismi siano determinati dalla natura speciale di unità che sono intermedie tra le unità chimiche e le unità morfologiche — tra le molecole invisibili delle sostanze proteiche e i componenti visibili de i tessuti, detti cellule.

Quattro anni dopo che fu pubblicata la prima edizione di questo volume, apparve l'opera del Darwin, *La Variazione de gli Animali e delle Piante sotto l'Addomesticamento*; e in questa egli espose la sua dottrina della Pangenesi. Riferendosi alla dottrina delle unità fisiologiche elaborata nei capitoli precedenti, egli da prima espresse il dubbio se la sua fosse o non fosse la stessa, ma finalmente concluse ch'essa era differente. Ed ebbe ragione nel concludere così. In tutta la mia argomentazione si suppone ovunque che le unità fisiologiche siano tutte di una specie; loddove il Darwin considera le sue unità componenti o « gemmule » come se fossero d'innumerevoli specie dissimili. Egli suppone che

da ogni cellula di ogni tessuto si stacchino gemmule speciali ad essa, e capaci di svilupparsi in cellule simili. Qui possiamo, passando, notare che questa dottrina implica una distinzione fondamentale tra gli organismi unicellulari e le cellule componenti de gli organismi multicellulari, che sono del resto omologhe ad essi. Poichè mentre nelle loro strutture essenziali, nei loro cambiamenti interni essenziali, e nei processi essenziali di divisione, i Protozoi e le unità componenti dei Metazoi sono eguali, la dottrina della Pangenesi implica che, quantunque le unità separate non staccano da sè gemmule invisibili, queste si distacchino dalle unità raccolte in gruppi.

Molto più recentemente sono state enunciate le ipotesi del Prof. Weismann, che differiscono dalle ipotesi precedenti per due rispetti. In primo luogo si suppone che il frammento di materia da cui sorge ciascun organismo consista di due porzioni: una di esse, il germinoplasma, racchiuso entro l'organo generatore dell'individuo incipiente, rappresenta ne' suoi componenti la struttura della specię, e dà origine a i germi de i futuri individui; e l'altra porzione, il somatoplasma, che rappresenta similmente la struttura specifica, dà origine al resto del corpo, ma non contiene ne' suoi componenti alcuna delle forze latenti possedute da quelli del germinoplasma. In secondo luogo il germinoplasma, in comune col somatoplasma, consiste di numerose specie di unità divise per dare origine a i vari organi. Di queste vi sono gruppi, sotto-gruppi, e sub-sotto-gruppi. Le più grandi si chiamano « idanti » e si suppone che ciascuna di esse contenga un certo numero di « idi »; in ciascun ido ci sono numerosi « determinanti »; e ciascun determinante è costituito di molte « biofore » — i più piccoli elementi che possiedono vitalità. Tralasciando i particolari, la supposizione essenziale è che esiste un determinante separato per ciascuna parte dell'organismo, capace di variazione indipendente; e il Prof. Weismann inferisce che mentre non può esservene altro che uno per il sangue e uno per un'area considerevole della pelle (come una striscia della zebra), vi dev'essere un determinante per ciascuna scaglia nell'ala di una farfalla: onde sulle quattro ali il numero di determinanti sarebbe superiore a duecentomila. E poi ciascun gruppo di biofore, che compongono un determinante, deve farsi strada al luogo dove deve formarsi la parte ch'esso rappresenta.

Qui è inutile specificare le modificazioni di queste ipotesi, seguite da vari biologi — le quali suppongono tutte che i caratteri strutturali di ciascuna specie siano espressi in certe unità intermedie tra le unità morfologiche e le unità chimiche.

§ **97** *b*. Una teoria vera dell'eredità dev'essere una teoria che riconosce i fenomeni rilevanti manifestati da tutte le classi di organismi. Noi non possiamo ammettere due specie di eredità, una per le piante e un'altra per gli animali. Quindi una teoria dell'eredità può essere messa anzi tutto alla prova osservando se essa sia egualmente applicabile ad ambedue i regni di cose viventi. La genesi, l'eredità e la variazione, come si vedono nelle piante, sono più semplici e più accessibili che come si vedono ne gli animali. Notiamo dunque ciò che queste implicano.

Già nel § 77 ò illustrato la facoltà che alcune piante possiedono di sviluppare nuovi individui da meri frammenti di foglie e anche da scaglie distaccate. Per quanto siano sorprendenti i fatti là citati, si può appena dire ch'essi siano più significanti di certi altri che sono familiari. La formazione delle gemme cauline, che tosto crescono in germogli, ci mostra una specie di eredità che una teoria vera deve spiegare. Secondo la descrizione che ne dà Kerner, tali gemme sorgono nella Pimpinella, nel Linario, ecc., al di sotto delle foglie del seme, anche mentre non vi sono ancora i piccoli assi su cui per solito crescono le gemme; e in molte piante esse sorgono da punti intermedii sullo stelo: cioè, senza relazioni definite con le strutture preesistenti. Come sia fortuita la loro origine è mostrato quando si fa germinare un ramo tenendo avvolto intorno ad esso un panno bagnato. Ancor meglio è provata l'assenza di qualsiasi relazione tra le gemme cauline e i germi normali dalla circostanza ch'esse si sviluppano frequentemente dal « callo » — il tessuto che si estende sopra le ferite e le estremità tagliate dei rami. Non è facile riconciliare questi fatti con l'ipotesi delle gemmule del Darwin. Noi dobbiamo supporre che dove emerge una gemma caulina, siano presenti in giuste proporzioni le gemmule di tutte le parti che sorgeranno tosto da essa — foglie, stipule, brattee, petali, stami, antere, ecc. Dobbiamo supporre ciò quantunque, all'epoca che à origine la gemma, parecchi di questi organi, come le parti de i fiori, non esistono sulla pianta o sull'albero. E dobbiamo supporre che le gemmule di tali parti siano debitamente provvedute in una porzione di callo avventizio, lontano da i punti normali di fruttificazione. Inoltre, il germoglio risultante può o no produrre tutte le parti che le gemmule rappresentano; e quando, forse dopo parecchi anni, i fiori sono prodotti su i suoi germogli laterali, deve esistere in ciascun punto la proporzione necessaria delle gemmule richieste; benchè non vi siano state cellule da cui siano andate continuamente staccandosi.

Ancor meno l'ipotesi del Prof. Weismann armonizza con i fatti

che le piante manifestano. L'embriogenia vegetale non offre alcun segno di separazione tra il germinoplasma e il somatoplasma: e, in vero, l'assenza di tale separazione è ammessa. Dopo aver citato casi tra taluni de gli animali inferiori, in cui nessuna differenziazione delle due parti sorge nella prima generazione risultante da un uovo fecondato, il Prof. Weismann continua: « Lo stesso è vero per ciò che riguarda le piante più elevate, in cui il primo germoglio sorgente dal seme non contiene mai cellule germinali, o anche cellule che diventano successivamente differenziate in cellule germinali. In tutti questi ultimi casi menzionati le cellule germinali non sono presenti come cellule speciali nel primo individuo sorgente per embriogenia, ma sono formate soltanto in generazioni assai posteriori dalla prole di certe cellule di cui questo primo individuo era composto » (*Germinoplasma*, p. 185). Come l'ammetter ciò possa accordarsi con la teoria generale, è difficile comprendere. Le unità del somatoplasma sono qui riconosciute come aventi le stesse forze generative che le unità del germinoplasma. Per ciò che riguarda un regno organico e una parte considerevole dell'altro, la dottrina è abbandonata. L'abbandono di essa è, in vero, reso necessario anche da i fatti ordinari, e ancor più da i fatti or ora ricordati. Per difenderla occorre affermare che dove sorgono le gemme, normali o cauline, esistono in giusta proporzione i varii idi con i determinanti in essi contenuti — che questi sono diffusi ovunque attraverso la parte in via di accrescimento del soma; e ciò implica che il tessuto somatico non differisce nel potere generatore dal germinoplasma.

L'ipotesi delle unità fisiologiche rimane, dunque, da sola. Poichè le gemme cauline implicano che in tutto il tessuto della pianta, dove non è eccessivamente differenziato, le unità fisiologiche locali abbiano un potere di ordinarsi nella struttura della specie.

Ma questa ipotesi, pure, quale si presenta ora, è inadeguata. Sotto la forma fin qui data ad essa, non riesce a spiegare alcuni fatti concomitanti. Poichè se il ramo or ora citato come atto a produrre una gemma caulina sia tagliato, e la sua estremità infissa nel suolo, o se esso sia ripiegato in basso e una porzione di esso ricoperta di terra, ne spunteranno fuori radichette e tosto radici. La stessa porzione di tessuto che altrimenti avrebbe prodotto un germoglio con tutte le sue appendici, costituendo un individuo, ora produce soltanto una parte speciale di un individuo.

§ 97 c. Si possono ora considerare certi fatti analoghi dello sviluppo animale. Insufficienze simili si manifestano.

La spesso citata riproduzione di un artiglio perduto di un granchio o della coda di una lucertola, il Darwin credeva che si potesse spiegare con la sua ipotesi delle gemmule diffuse, rappresentanti tutti gli organi o le loro cellule componenti. Ma benchè, dopo una semplice amputazione, lo svilupparsi di nuovo della parte prossima della coda sia concepibile come risultante da ciò, non è facile comprendere come la parte più remota, i componenti della quale sono ora assenti dall'organismo, possa sorgere di nuovo da gemmule che più non ànno origine nella giusta proporzione. L'ipotesi del Prof. Weismann, ancora, implica che deve esistere nel punto di separazione una provvista già pronta di determinanti, da prima latente, capace di riprodurre la coda mancante in tutti i suoi particolari — anzi, capace anche di far ciò più volte: una supposizione azzardata! L'ipotesi delle unità fisiologiche, come è stata esposta nei capitoli precedenti, appare meno insufficiente: la riproduzione della parte perduta sembrerebbe essere un risultato normale della proclività verso la forma dell'intero organismo. Ma ora che cosa dobbiamo dire quando la coda, invece di esser tagliata trasversalmente, è divisa longitudinalmente e ciascuna metà diventa una coda completa? Che cosa dobbiamo dire quando, se queste due code sono trattate allo stesso modo, le metà si completano di nuovo; e così finchè si sono formate persino sedici code? Qui l'ipotesi delle unità fisiologiche sembra che fallisca del tutto; poichè la tendenza ch'essa implica è la tendenza a completare la forma specifica, riproducendo una singola coda soltanto.

Vari animali annulosi manifestano anomalie di sviluppo difficili a spiegare con qualunque ipotesi. Abbiamo esseri come la *Nais* d'acqua dolce la quale, benchè abbia strutture progredite, includenti un sistema vascolare, branchie, e un sistema nervoso che termina con i gangli cefalici, non di meno ci mostra un'attitudine come quella dell'Idra a riprodurre il tutto da una piccola parte: quasi quaranta pezzi, in cui fu tagliata una *Nais*, crebbero separatamente formando animali completi. Ancora abbiamo, nell'ordine dei Policheti, tipi come i *Myrianida*, in cui per gemmazione longitudinale si forma una catena d'individui, che qualche volta salgono anche al numero di trenta, i quali singolarmente sviluppano certi segmenti in teste, mentre aumentano i loro segmenti di numero. In altri tipi à luogo non solo una gemmazione longitudinale, ma una gemmazione laterale: un segmento manderà fuori da un lato una

gemma che tosto diventa un verme completo. In fine, la *Syllis ramosa* è una specie in cui i vermi individuali crescenti da gemme laterali, mentre rimangono attaccati al genitore, dànno essi stessi origine a gemme; e producono così un aggregato ramificantesi di vermi. Come spiegheremo noi le forze reintegratrici e riproduttive in tal guisa esemplificate? Sembra innegabile che ciascuna porzione abbia un'attitudine a produrre, secondo le circostanze, l'intero animale o una parte mancante dell'animale. Quando leggiamo che Sir J. Dalyell « tagliò una *Dasychone* in tre pezzi; il pezzo posteriore produsse una testa, il pezzo anteriore sviluppò un ano, e la porzione media formò tanto una testa quanto una coda », noi non siamo forniti di una spiegazione dall'ipotesi delle gemmule o dall'ipotesi dei determinanti; poichè non possiamo arbitrariamente supporre che dovunque un organo mancante à da esser riprodotto, esista la provvista necessaria di gemmule o di determinanti che rappresentano quell'organo. L'ipotesi che le unità fisiologiche abbiano ovunque una proclività verso la forma organica della specie, sembra più in armonia con i fatti; ma nè pur questa include i casi in cui un nuovo verme cresce da una gemma laterale. Si potrebbe supporre piuttosto che la tendenza a completare la struttura individuale dovesse ostacolare questa interruzione delle linee della struttura completa.

Ancor meno esplicabili in alcuno dei modi fin qui proposti sono certe azioni sostitutive che si osservano ne gli animali. Un esempio di esse fu fornito nel § 67, dove si descrissero le « pseudoartrosi » — giunture formate in punti dove le estremità di un osso rotto, non riuscendo a unirsi, rimangono movibili l'una sull'altra. Secondo il carattere dei moti abituali, risulta una giuntura a cardine o una giuntura rotatoria rozzamente formata, l'una o l'altra avente le varie parti costitutive — periosteo, tessuto fibroso, capsula, legamenti. Ora l'ipotesi del Darwin, considerando soltanto le strutture normali, non riesce a dar conto di questa formazione di una struttura anormale. Nè possiamo attribuire questo sviluppo locale ai determinanti: nel germinoplasma non ve n'erano appropriati, poichè non si era provvisto a una tale struttura. Nè l'ipotesi delle unità fisiologiche, come è stata presentata nei capitoli precedenti, offre una interpretazione. Queste non potrebbero avere altra tendenza che quella di restaurare la forma normale del membro, e si può supporre ch'esse ostacolerebbero la genesi di queste nuove parti.

Così noi dobbiamo cercare, se non un'altra ipotesi, allora una qualche modificazione di una ipotesi esistente, tale che la faccia armonizzare con varî fenomeni eccezionali.

§ **97** *d*. Nella Parte II de i *Principii di Sociologia*, pubblicata nel 1876, si troverà elaborata nei particolari quell'analogia tra l'organizzazione individuale e l'organizzazione sociale, che fu brevemente delineata in un saggio su «L'Organismo sociale», pubblicato nel 1860. Nei §§ 241-3 si trae un parallelo tra gli sviluppi de i sistemi di sostentamento dei due organismi; e si fa notare come, nell'un caso come nell'altro, le attività e le posizioni dei componenti — qui unità organiche e là cittadini — siano principalmente stabilite dalle condizioni locali. Un esempio principale è che le parti costituenti il canale alimentare, mentre sono congiuntamente adatte alla natura del cibo, sono singolarmente adattate alle fasi successive a cui arriva il cibo nel suo progresso; e che in un modo analogo le industrie, esercitate da popolazioni che formano parti differenti di una società, sono primieramente determinate dalla natura delle cose circostanti — l'agricoltura, pastorale e coll'aratro, le manifatture speciali e i lavori delle miniere, la costruzione di navi e la pesca: mentre i gruppi rispettivi vengono a formare combinazioni adatte e diventano parzialmente modificati per conformarsi al loro lavoro. La conseguenza è che mentre la organizzazione di una società come un tutto dipende da i caratteri delle sue unità, in tal guisa che presso alcuni tipi di uomini si svolgono sempre dispotismi, mentre presso altri tipi si svolgono forme di governo parzialmente libere — forme che si ripetono nelle colonie — v'è, da l'altro lato, in ogni caso un potere locale di sviluppare strutture appropriate. E si sarebbe potuto far notare che similmente in tipi di esseri i quali non mostrano molto consolidamento, come gli Anellidi, molte delle divisioni componenti, in gran parte indipendenti nella loro vitalità, non risentono che ben poco nelle loro strutture l'influenza dell'intero aggregato.

Siccome il mio scopo in quell'occasione era di elucidare le verità sociologiche, non mi riguardava di condurre più innanzi la metà biologica di questo confronto. Altrimenti si sarebbe potuto menzionare il caso in cui un dito soprannumerario, cominciando a spuntar fuori, si completa come un organo locale con ossa, muscoli, pelle, unghia, ecc., nonostante il governo centrale: ripetendosi anche quando è tagliato. Si sarebbe potuto altresì citare la sopra ricordata formazione di una falsa giuntura con le sue appendici. Poichè in ambedue i casi si suppone che un gruppo locale di unità, determinato dalle circostanze verso una certa struttura, costringe le sue unità individuali ad assumere quella struttura.

Consideriamo ora il fatto essenziale nell'analogia. Gli uomini in

un campo minerario d'Australia, come fa notare il sig. Pierre Leroy Beaulieu, seguono usanze Anglo-Sassoni differenti da quelle che caratterizzerebbero un accampamento di minatori Francesi. Gli emigranti in una colonia del Far West in America tosto mettono su ufficio postale, banca, albergo, giornale, e altre istituzioni urbane. Così ci vien mostrato che insieme con certi caratteri i quali conducono a un tipo generale di organizzazione sociale, si accompagnano caratteri che producono indipendentemente organizzazioni locali loro adatte. Gl'individui sono indotti a prendere occupazioni e posti ufficiali, spesso affatto nuovi per essi, da i bisogni di quelli che li circondano — sono ora spinti e ora costretti a entrare in ordinamenti sociali i quali, come mostrano forse le sale da gioco, le schioppettate a prima vista, e i linciaggi, non sono quasi affatto moderati dal governo centrale. Ora le unità fisiologiche in ciascuna specie sembrano avere una combinazione simile di capacità. Oltre la loro proclività generale verso l'organizzazione specifica, esse ci mostrano attitudini ad organizzarsi localmente; e queste attitudini sono in alcuni casi manifestate nonostante il governo generale, come accade nel dito soprannumerario o nella falsa giuntura. Manifestamente ciascuna unità fisiologica, mentre si collega in un certo modo all'intero organismo come la struttura che, insieme con le altre, essa tende a formare, à altresì un'attitudine a prender parte nella formazione di qualunque struttura locale, e ad assumere il suo posto in quella struttura sotto la influenza delle adiacenti unità fisiologiche.

Un fatto familiare appoggia questa conclusione. Ognuno à alla mano, non figurativamente ma letteralmente, una illustrazione. Se si confrontano le vene su i dorsi delle due mani, o le une con le altre o con le vene sulle mani di un'altra persona, si vedrà che le ramificazioni e le inosculazioni non corrispondono: non c'è un modello fisso. Ma progredendo verso l'interno dalle estremità, la distribuzione delle vene diventa stabilita — vi à una disposizione tipica comune a tutte le persone. Questi fatti implicano una influenza predominante delle parti adiacenti, quando l'influenza dell'aggregato si esercita meno facilmente. Una combinazione costante di forze che, verso il centro, produce una struttura tipica, non riesce a far ciò alla periferia dove, durante lo sviluppo, il gioco di forze è meno stabile. Questa struttura vascolare periferica, non essendo divenuta fissa perchè un ordinamento vale tanto quanto un altro, è determinata in ciascuno dalle influenze immediatamente circostanti.

§ 97 e. E ora consideriamo le verificazioni cui ànno fornito esperimenti recenti — esperimenti fatti dal Prof. G. Born di Breslau, che confermano i risultati già raggiunti da Vulpian e aggiungono risultati sorprendenti di natura analoga. Essi non lasciano più alcun dubbio sulla gran parte che à il potere organizzatore locale in quanto si distingue dal potere organizzatore centrale.

Come prima illustrazione si può ricordare la vitalità indipendente mostrata da porzioni separate della pelle del ventre, presa dalle larve di rane. Con le cellule del tuorlo ad esse attaccate queste vivevano per molti giorni, e andavano soggette a tali trasformazioni che provavano una qualche proclività di struttura, benchè naturalmente il prodotto era amorfo. Le porzioni distaccate delle code delle larve continuavano a sviluppare le loro parti componenti quasi nello stesso modo che avrebbero fatto rimanendo attaccate. Più sorprendente ancora era la prova fornita da gli esperimenti fatti nell'innestare. Questi mostravano che il rudimento indifferenziato di un organo, quando è tagliato e congiunto a un punto non omologo in un altro individuo, si svilupperà come avrebbe fatto se fosse stato lasciato nel suo posto originario. In breve, dunque, possiamo dire che ciascuna parte è in principal misura autogena.

Questi fatti strani presentati da piccoli aggregati di materia organica, che sono la sede di forze estremamente complesse, sembreranno meno incomprensibili se osserviamo ciò che à avuto luogo in un vasto aggregato di materia inorganica che è la sede di forze assai semplici — il Sistema Solare. Per quanto immensamente differente questo sia per tutti gli altri rispetti, esso è analogo per il rispetto che, come fattori delle strutture locali, le influenze locali predominano sopra le influenze dell'aggregato. Poichè mentre i membri del Sistema Solare, considerati come un tutto, sono subordinati alla totalità delle sue forze, le disposizioni in ciascuna parte di esso sono prodotte quasi interamente dal gioco di forze in quella parte. Benchè il Sole influisca su i moti della Luna, e benchè durante l'evoluzione del sistema della Terra e della Luna il Sole esercitasse una influenza, pure le relazioni del nostro mondo e del suo satellite riguardo alle masse e ai moti erano sopra tutto localmente determinate. Ancor più chiaramente ciò accadeva in Giove e ne' suoi satelliti o in Saturno con i suoi anelli e satelliti. Ricordando che le unità ultime della materia di cui è composto il Sistema Solare sono delle stesse specie, e ch'esse agiscono l'una sull'altra in conformità con le stesse leggi, vediamo che, per quanto il caso sia remoto da quello che stiamo considerando sotto tutti gli altri

aspetti, esso è simile per il fatto che durante l'organizzazione le energie in ciascuna località operano effetti che sono quasi indipendenti da gli effetti operati dalle energie generali. In questo vasto aggregato, come ne i piccoli aggregati ora in questione, le parti sono praticamente autogene.

Avendo così visto che in un modo che non abbiamo fin qui riconosciuto, gli stessi principii generali dominano l'evoluzione inorganica e organica, torniamo al caso dell'evoluzione super-organica da cui si trasse più sopra un parallelo. Come analogo alla massa germinale di unità da cui à da svolgersi un nuovo organismo, prendiamo una riunione di coloni non ancora socialmente organizzati, ma posti in una fertile regione — uomini derivati da una società (o piuttosto una successione di più società) di tipo lungamente stabilito, i quali ànno nella loro natura adatta la proclività verso quel tipo. Nel passaggio dal suo stato interamente non organizzato a uno stato organizzato, quale sarà il primo passo? Evidentemente questa riunione, benchè possa avere entro le costituzioni delle sue unità le potenzialità di una struttura specifica, non svilupperà in un subito i particolari di quella struttura. La natura ereditata delle sue unità si mostrerà anzi tutto col separarsi in vasti gruppi dediti ad occupazioni rigorosamente distinte. La grande massa, disperdendosi sopra terre promettenti, farà preparazioni per la cultura del suolo. Un'altra porzione considerevole, spinta da i bisogni generali, comincerà a formare un aggruppamento di abitazioni e un centro commerciale. Un terzo gruppo ancora, riconoscendo la richiesta di legname, per scopi tanto agricoli quanto costruttivi, si porterà nelle foreste vicine. Ma in nessun caso la riunione primaria, prima di queste separazioni, stabilirà gli ordinamenti e le azioni di ciascun gruppo: essa lascerà che ciascun gruppo li stabilisca da sè. Così, pure, dopo che queste divisioni sono sorte. La divisione agricola, considerata come un tutto, non prescriverà la condotta de' suoi membri. Avrà luogo una segregazione spontanea: alcuni andranno a una regione pastorale e alcuni a un tratto di terra che promette buoni raccolti. Nè entro ciascuno di questi corpi d'individui l'organizzazione sarà imposta dal tutto. Il gruppo pastorale si separerà in gruppi minori che fanno pascere le pecore su i colli, e gruppi che nutrono i buoi sulle pianure. Intanto tra quelli che ànno gravitato verso occupazioni urbane, alcuni fabbricheranno mattoni o scaveranno pietre, mentre altri si scinderanno in classi che costruiscono mura, classi che preparano le abitazioni, classi che provvedono i mobili. Poi completate le case, queste saranno occupate da uomini che pre-

parano il pane, che fanno vestiti, che vendono liquori, e così via. In tal modo ciascun vasto gruppo andrà organizzandosi senza riguardo a gli altri; i sotto-gruppi di ciascuno faranno lo stesso; e così faranno i sub-sotto-gruppi. Affatto indipendentemente dalla gente che vive sulle colline e nelle pianure e nella città, quelli nella foresta si divideranno spontaneamente in gruppi minori che abbattono gli alberi, gruppi che li tagliano e li segano, gruppi che portano via il legname; mentre ogni gruppo formerà da sè una organizzazione che comprende il mastro o padrone e quelli che lavorano sotto di lui. Similmente dicasi delle ultime divisioni — le famiglie separate: gli ordinamenti e le distribuzioni de gli uffici sono determinati internamente. Si noti il fatto che qui principalmente c'interessa. Questa formazione di un aggregato eterogeneo con le sue parti variamente adattate, le quali mentre risentono l'azione del tutto si formano precipuamente da sè stesse, avviene tra unità essenzialmente della stessa natura, ereditata da unità che appartenevano a società simili. E ora, tenendo in mente questo concetto, possiamo oscuramente percepire come, in un embrione in via di sviluppo, possa aver luogo la formazione, prima delle grandi divisioni — gli strati primari — poi delle linee generali dei sistemi, poi de gli organi componenti, e così via continuamente con le strutture minori contenute in quelle maggiori; e come ciascuna di queste divisioni progressivamente più piccole sviluppi la sua propria organizzazione, senza riguardo ai cambiamenti che avvengono in tutto il resto dell'embrione. Così che quantunque tutte le parti siano composte di unità fisiologiche della stessa natura, pure ovunque, in virtù delle condizioni locali e per l'influenza dei proprii vicini, ciascuna unità si unisce nel formare la struttura particolare appropriata al luogo. Concependo in tal modo la questione, possiamo in un modo vago comprendere i fatti strani di sviluppo autogeno rivelati da gli esperimenti sopra ricordati.

§ **97** *f*. «Ma come immensurabilmente complesse devono essere le unità fisiologiche che possono comportarsi in tal guisa!» osserverà il lettore. «Per esser capaci di rappresentare tutte le parti, tanto come membri del tutto quanto come membri di questo o quell'organo, esse devono avere una varietà inimmaginabile di potenzialità nella loro natura. Ciascuna, in verità, dev'essere quasi un microcosmo entro un microcosmo».

Senza dubbio ciò è vero. Pur tuttavia abbiamo un consenso di prove le quali mostrano che le unità componenti de gli organismi ànno specie

estremamente complicate di costituzioni. Consideriamo i fatti e ciò ch'essi implicano: 1° Ecco una grande divisione del regno animale — per esempio i Vertebrati. Le unità componenti di tutti i suoi membri ànno in comune certi caratteri fondamentali: tutte quante ànno proclività verso la formazione di una colonna vertebrale. Lasciando indietro la vasta categoria de i Pesci con i suoi numerosi tipi, ciascuno avente unità speciali di composizione, passiamo a gli Anfibii, nelle unità de i quali esistono certi caratteri sovrapposti sopra i caratteri ch'essi ànno in comune con quelli dei Pesci. Attraverso anelli sconosciuti ascendiamo ai tipi incipienti e poi ai tipi sviluppati di Mammiferi, le unità dei quali devono avere ulteriori caratteri sovrapposti. Caratteri addizionali distinguono le unità di ciascun ordine di Mammiferi; e, ancora, quelle di ogni genere incluso in esso; mentre altri separatamente caratterizzano le unità di ciascuna specie. Similmente dicasi delle varietà in ciascuna specie, e delle stirpi in ciascuna varietà. Ora la capacità di qualunque unità componente di portare entro di sè i caratteri del sottoregno, della classe, dell'ordine, del genere, della specie, della varietà, e allo stesso tempo di portare i caratteri de gli antenati immediati, può esistere soltanto in un qualche cosa avente una moltitudine di elementi prossimi ordinati in modi innumerevoli. 2° Ancora, queste unità devono essere allo stesso tempo fisse per alcuni rispetti e plastiche per altri rispetti. Mentre i loro caratteri fondamentali, che esprimono la struttura del tipo, devono essere immutevoli, i loro caratteri superficiali devono essere suscettibili di modificazione senza molta difficoltà; e i caratteri modificati, esprimenti variazioni nei genitori e ne gli antenati immediati, benchè instabili, devono essere considerati come capaci di diventare stabili nel corso del tempo. 3° In fine noi dobbiamo pensare queste unità fisiologiche (o unità costituzionali, come io ora le chiamerei con nuovo nome) come aventi una tal natura che, mentre una piccola modificazione, rappresentante qualche piccolo cambiamento di struttura locale, è inefficace sulle proclività delle unità in tutto il resto del sistema, essa diventa efficace nelle unità che appartengono alla località dove avviene il cambiamento.

Ma per quanto tutto ciò sia inimmaginabile, i fatti possono non di meno in qualche modo dare una risposta. Come si è prima osservato, la scienza progrediente rivela complessità entro complessità — tessuti composti di cellule, cellule contenenti nuclei e citoplasma, citoplasma formato di una matrice protoplasmica contenente granuli; e se ora noi concludiamo che l'unità di protoplasma è essa stessa una struttura in-

concepibilmente elaborata, non facciamo altro che riconoscere la complessità che va ancor più profondamente. Inoltre, se dobbiamo supporre che queste unità componenti agiscano in ogni parte del corpo l'una sull'altra in virtù di sistemi estremamente complicati di forze (le ondulazioni eteree emananti da ciascuna delle molecole costitutive), che determinano le loro relative posizioni ed azioni, noi siamo giustificati dalle scoperte che ogni giorno rivelano altre meravigliose proprietà della materia. Quando a gli esempi che furono dati nel § 36 e aggiungiamo l'esempio offerto da esperimenti recenti, i quali mostrano che anche un pezzo di pane, dopo essere stato assoggettato a pressione, presenta proprietà diamagnetiche diverse da quelle ch'esso presentava antecedentemente, noi non possiamo dubitare che queste unità complesse, le quali compongono i corpi viventi, sono tutte quante sede di energie diffuse all'intorno, che le pongono in grado di agire e reagire in modo da modificare reciprocamente i loro stati e le loro posizioni. Ci vien mostrato, pure, che qualunque sia la natura delle forze complesse emananti da ciascuna, accadrà, come cosa manifesta, che il potere di ciascuna sarà relativamente grande nelle sue vicinanze e diventerà gradatamente più piccolo nelle parti sempre più remote: il che rende più comprensibile il carattere autogeno di ciascuna struttura locale.

Qualunque sia la loro supposta natura, noi siamo costretti ad attribuire una estrema complessità a queste entità ignote (1) che ànno il potere di organizzarsi in una struttura di questa o quella specie. Se si adducono le gemmule, allora l'attitudine di ogni organo e parte di un organo a variare, implica che le gemmule che si staccano da esso sono separatamente capaci di ricevere piccole modificazioni delle loro strutture ordinarie: esse devono avere molte parti suscettibili di relazioni innumerevoli. Supponendo che i determinanti siano ammessi, allora in aggiunta alla complessità che ciascuno di questi deve avere per esprimere in sè stesso la struttura della parte che da esso si svolge, esso deve possedere l'ulteriore complessità cui implica ogni modificazione sovrapposta che cagiona una variazione di quella parte. E, come abbiamo or ora veduto, l'ipotesi delle unità fisiologiche non ci salva dalla necessità di supposizioni analoghe.

Un'altra supposizione ancora sembra necessaria se abbiamo da immaginare in qual modo i cambiamenti di struttura causati da cambiamenti di funzione possono essere trasmessi. Riportandoci al § 54 d,

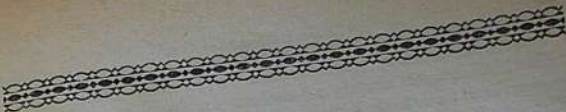
---

(1) Lo SPENCER dice *these unknown somethings*. (N. del T.).

dove s'inferì una circolazione incessante di protoplasma attraverso un organismo, noi dobbiamo concepire che le forze complesse di cui ciascuna unità costituzionale è il centro, e per cui essa agisce su altre unità mentre è soggetta all'azione di esse, tendono continuamente a trasformare ciascuna unità in accordo con le strutture all'intorno, sovrapponendo su di essa modificazioni rispondenti alle modificazioni che sono sorte in quelle strutture. Donde è da trarre il corollario che nel corso del tempo tutte le unità circolanti, — fisiologiche, o costituzionali se preferiamo di chiamarle così, — visitando tutte le parti dell'organismo, vengono singolarmente a portare i caratteri esprimenti le modificazioni locali; e che quelle unità le quali si raccolgono eventualmente nelle cellule spermatiche e nelle cellule germinali portano altresì questi caratteri sovrapposti.

Se contro tutto ciò si adduca che una tale combinazione di strutture e forze e processi è inconcepibilmente intricata, allora vi è da rispondere che una trasformazione così sorprendente, come quella cui manifesta un organismo in via di sviluppo, non è possibile che sia effettuata per opera di agenti semplici.

§ **97** g. Ma ora è pur d'uopo confessare che nessuna di queste ipotesi serve a rendere i fenomeni realmente intelligibili; e che probabilmente nessuna ipotesi che può esser formulata li renderà tali. Molti problemi oltre quelli che l'embriologia presenta ànno da essere risoluti; e nessuna soluzione è offerta.

Che cosa dobbiamo dire del fatto familiare che certi piccoli organi i quali, avvicinandosi alla maturità, diventano attivi, portano con sè cambiamenti di struttura in parti remote — che dopo certi sviluppi finali cui sono andati soggetti i testicoli, i peli sul mento crescono e la voce si fa più profonda? Si è sostenuto che certe modificazioni concomitanti nei fluidi attraverso il corpo possono produrre caratteri sessuali in correlazione con esse; ed è provato che in molti de gli animali inferiori il periodo dell'attività sessuale è accompagnato da uno speciale stato corporeo — qualche volta tale che la carne diventa malsana e anche velenosa. Ma un cambiamento di questo genere può difficilmente spiegare un cambiamento di struttura ne gli organi vocali dell'Uomo. Nessuna ipotesi di gemmule o determinanti o unità fisiologiche ci pone in grado di comprendere come la rimozione de i testicoli impedisca quegli sviluppi della laringe e delle corde vocali, che ànno luogo se essi rimangono.

Vediamo subito l'inadeguatezza delle nostre spiegazioni in presenza di una struttura come la penna della coda di un pavone. L'ipotesi del Darwin è che da tutte le parti di ogni organo si vadano continuamente staccando gemmule, le quali sono per conseguenza ovunque presenti nelle loro giuste proporzioni. Ma una penna completa è un prodotto inanimato e, una volta formata, non può aggiungere ai fluidi circolanti gemmule che rappresentino tutte le sue parti. Se seguiamo il Prof. Weismann, siamo condotti a una supposizione sorprendente. Egli ammette che ogni parte variabile deve avere un determinante speciale, e che ciò risulta nella supposizione di oltre duecento mila determinanti per le quattro ali di una farfalla. Domandiamoci che cosa deve accadere nel caso della penna di un pavone. Guardando l'occhio vicino alla sua estremità, vediamo che i piccolissimi processi sull'orlo di ciascun filo laterale devono essere stati in qualche modo esattamente adattati, nel colore e nella posizione, in modo da cadere nella stessa linea dei processi su i fili adiacenti: altrimenti la disposizione simmetrica de gli anelli colorati sarebbe impossibile. Ciascuno di questi processi, dunque, essendo una variabile indipendente, deve avere avuto il suo determinante particolare. Ora ci sono circa 300 fili sul gambo di una grossa penna, e ciascuno di essi porta in media 1600 processi, che per l'intera penna fanno 480.000 di questi processi. Per una penna sola vi devono essere stati 480.000 determinanti, e per l'intera coda molti milioni. E questi, insieme con i determinanti delle singole parti di tutte le altre penne, e dei componenti variabili di tutti gli organi che formano il corpo in generale, devono essere stati contenuti nella testa microscopica di uno spermatozoo ! Una supposizione difficilmente credibile. Nè è facile vedere in qual modo ci venga un ajuto dalla ipotesi delle unità costituzionali. Si prenda la penna nel suo stato iniziale, e considerando il gruppo di tali unità, simili nella struttura e perpetuamente moltiplicantisi mentre procede lo sviluppo, si domandi come sia possibile supporre che in virtù delle loro reciproche azioni esse influiscano l'una sull'altra in modo da produrre eventualmente i processi simmetricamente ordinati che costituiscono l'occhio terminale. L'immaginazione, per quanto possa esser lasciata libera, ci vien meno completamente.

Da ultimo dunque siamo costretti ad ammettere che il processo organizzatore effettivo trascende la concezione. Non basta dire che non possiamo conoscerlo; dobbiamo dire che nè pure possiamo concepirlo. E questa è appunto la conclusione che si sarebbe potuto trarre prima di considerare i fatti. Poichè se, come vedemmo nel capitolo su « L'ele-

mento dinamico nella Vita », è impossibile per noi comprendere la natura di questo elemento — se anche le manifestazioni ordinarie di esso, che un corpo vivente offre di momento in momento, sono in fondo incomprensibili, allora, ancor più incomprensibile dev'essere quella sorprendente manifestazione di esso, che noi abbiamo nell'iniziarsi e lo svolgersi di un nuovo organismo.

Così tutto ciò che possiamo fare è di trovare qualche modo di simboleggiare il processo in guisa da porci in grado di generalizzare il più convenientemente possibile i fenomeni di esso; e l'unica ragione per accogliere l'ipotesi delle unità fisiologiche o unità costituzionali è che essa serve meglio a questo scopo.

CAPITOLO XI.

Classificazione.

§ 98. Quella disposizione ordinata di oggetti che si chiama Classificazione à due scopi, i quali, benchè non assolutamente distinti, sono distinti in gran parte. Essa può essere impiegata per facilitare l'identificazione, o per organizzare le nostre cognizioni. Se un bibliotecario pone i suoi libri nella successione alfabetica dei nomi degli autori, egli li colloca in modo che qualunque libro particolare può essere facilmente trovato, ma non in modo che i libri di una data natura stiano insieme. Quando, d'altra parte, egli fa una distribuzione di libri secondo i loro soggetti, trascura le varie somiglianze e distinzioni superficiali, e li raggruppa secondo certi attributi primari e secondari e terziari, che separatamente implicano molti altri attributi — li raggruppa così che, osservato un volume qualunque, si possono inferire i caratteri generali di tutti i volumi vicini. Egli mette insieme in una grande divisione tutte le opere di Storia; in un'altra tutte le opere Biografiche; in un'altra tutte le opere che trattano di Scienza; in un'altra Viaggi di mare e di terra; e così via. Egli separa ciascuno dei grandi gruppi in sotto-gruppi; come quando colloca le differenti specie di Letteratura sotto i capi dei Romanzi, della Poesia, e del Dramma. In alcuni casi egli fa sub-sotto-gruppi; come quando avendo diviso i suoi trattati Scientifici in astratti e concreti, mettendo tra gli uni la Logica e la Matematica e tra gli altri la Fisica, l'Astronomia, la Geologia, la Chimica, la Fisiologia, ecc., continua a suddividere i suoi libri di Fisica in quelli che trattano del Moto Meccanicc, quelli che trattano del Calore, quelli che trattano della Luce, dell'Elettricità, del Magnetismo.

Tra questi due modi di classificazione si notino le distinzioni essenziali. L'ordinamento secondo un attributo notevole qualunque è comparativamente facile, ed è il primo che si presenta: un bambino può collocare i libri nell'ordine della loro grossezza, o secondo lo stile della loro legatura. Ma l'ordinamento secondo le combinazioni di attributi i quali, benchè fondamentali, non sono cospicui, richiede l'analisi; e non si presenta alla mente finchè l'analisi non à fatto qualche progresso. Anche quando vi è l'ajuto delle notizie che l'autore dà sul frontespizio del suo libro, si richiedono cognizioni considerevoli per classificare in modo giusto un saggio sulla Polarizzazione; e mancando un frontespizio, si richiedono cognizioni assai maggiori. Ancora, la classificazione in base a un singolo attributo, che gli oggetti possiedono in gradi differenti, può essere più o meno per serie, o lineare. I libri possono essere posti nell'ordine delle loro date, in singola fila; o se si raggruppano come opere in un volume, opere in due volumi, opere in tre volumi, ecc., i gruppi possono essere collocati in una successione ascendente. Ma i gruppi singolarmente formati di cose distinte per qualche attributo comune, che implica molti altri attributi, non sono suscettibili di un ordinamento per serie. Non si può dire razionalmente o che le Opere Storiche dovrebbero venire prima delle Opere Biografiche, o le Opere Biografiche prima delle Opere Storiche; nè delle suddivisioni della Letteratura d'immaginazione, in Romanzi, Poesia, e Dramma, si può dare una buona ragione perchè una qualunque dovrebbe aver la precedenza sulle altre.

Quindi questo raggruppamento del simile e separazione del dissimile, che costituisce la classificazione, può raggiungere la sua forma completa soltanto per lenti passi. Io ò dimostrato (*Saggi*, vol. II, pp. 145-7) che, a parità di altre condizioni, le relazioni tra i fenomeni sono riconosciute nell'ordine della loro evidenza; e che, a parità di altre condizioni, esse sono riconosciute nell'ordine della loro semplicità. Le prime classificazioni, per ciò, saranno senza dubbio aggruppamenti di oggetti che si rassomigliano tra loro ne gli attributi esterni o facilmente percepìti, e attributi che non sono di carattere complesso. Quelle somiglianze tra le cose, che sono dovute al loro possedere in comune semplici proprietà manifeste, possono o no coesistere con ulteriori somiglianze tra esse. Quando si classificano le figure geometriche come curvilinee e rettilinee, o quando le rettilinee sono divise in trilaterali, quadrilaterali, ecc., le distinzioni fatte connotano varie altre distinzioni con le quali esse sono necessariamente collegate; ma se si clas-

sificano i liquidi secondo i loro caratteri visibili — se l'acqua, l'alcool, il solfito di carbonio, ecc., siano raggruppati come corpi privi di colore e trasparenti, noi abbiamo cose collocate insieme che sono dissimili nella loro natura essenziale. Così, dove gli oggetti classificati ànno attributi numerosi, è probabile che le prime classificazioni, basate su attributi semplici e manifesti, uniscano sotto lo stesso capo molti oggetti i quali non ànno rassomiglianze nella maggior parte dei loro attributi. A misura che cresce la conoscenza de gli oggetti, diventa possibile fare gruppi i cui membri ànno in comune proprietà più numerose, e accertare quale proprietà, o combinazione di proprietà, sia più caratteristica di ciascun gruppo. E la classificazione da ultimo raggiunta è di tal genere che gli oggetti in ciascun gruppo ànno più attributi in comune tra loro ch'essi non abbiano in comune con gli oggetti esclusi; tale che in essa i gruppi di tali gruppi sono integrati in base allo stesso principio; e tale che in essa i gradi di differenziazione e integrazione sono proporzionati ai gradi d'intrinseca dissomiglianza e somiglianza. E questa classificazione ultima, mentre serve a identificare completamente le cose, serve altresì ad esprimere la più grande somma di cognizioni riguardo ad esse — ci pone in grado di predicare di ciascuna cosa il più gran numero di fatti; e ciò facendo implica la corrispondenza più precisa tra i nostri concetti e le realtà.

§ **99.** Le classificazioni biologiche illustrano bene queste fasi attraverso le quali passano le classificazioni in generale. Nei primi tentativi di ordinare gli organismi in qualche modo sistematico, vediamo da principio che gli autori si lasciano guidare da i caratteri cospicui e semplici, e ànno una tendenza verso la disposizione in ordine lineare. Ne i tentativi successivamente posteriori, vediamo che si à maggior riguardo alle combinazioni di caratteri che sono essenziali ma spesso poco cospicui, e si abbandona un ordinamento lineare per sostituire ad esso un ordinamento in gruppi divergenti e sotto-gruppi novamente divergenti.

Nella mente popolare, le piante sono ancora classificate sotto i tre capi: Alberi, Arbusti, ed Erbe; e questa classificazione a serie, secondo l'unico attributo della grandezza, dominava i primissimi osservatori. Essi avrebbero creduto assurdo chiamare un bambù alto trenta piedi una specie d'erba; e sarebbero stati increduli se si fosse detto loro che la lingua cervina dovrebb'essere collocata nella stessa grande divisione delle Felci arboree. Le classificazioni zoologiche comunemente seguite

prima che la Storia Naturale diventasse una Scienza, avevano divisioni similmente superficiali e semplici. Bestie, Uccelli, Pesci e Rettili sono nomi di gruppi distinti l'uno da l'altro in virtù di notevoli differenze di apparenza e modi di vita — esseri che camminano e corrono, esseri che volano, esseri che vivono nell'acqua, esseri che strisciano. E si consideravano questi gruppi nell'ordine della loro importanza.

Le prime sistemazioni fatte da i naturalisti si basavano o su caratteri singoli o su combinazioni assai semplici di caratteri, come quella di Clusius, e in seguito il sistema più scientifico di Cesalpino, che riconosceva l'importanza di strutture non cospicue. Descrivendo le classificazioni delle piante, il Lindley dice: — « Rivinus inventò, nel 1690, un sistema dipendente dalla formazione della corolla; Kamel, nel 1693, dal frutto soltanto; Magnol, nel 1720, dal calice e dalla corolla; e finalmente Linneo, nel 1731, dalle variazioni ne gli stami e nel pistillo ». In quest'ultimo sistema, che è stato per tanto tempo in voga come un mezzo d'identificazione (considerato dal suo autore come transitorio), vi à ancora la dipendenza da i semplici attributi esterni; e un ordinamento, in gran parte a serie, è basato su i gradi in cui questi attributi sono posseduti. Nel 1703, circa trent'anni prima del tempo di Linneo, il nostro compatriota Ray aveva abbozzato le linee generali di un sistema più progredito. Egli diceva che —

le Piante sono o
    senza fiori, o
    con fiori; e queste sono
        Dicotiledoni, o
        Monocotiledoni.

Tra i gruppi minori ch'egli poneva sotto questi capi generali, « erano i Funghi, i Muschi, le Felci, le Composite, le Cicoriacee, le Ombrellifere, le piante Papilionacee, le Conifere, le Labiate, ecc., sotto altri nomi, ma con limiti non molto differenti da quelli ora assegnati ad essi ». Essendo molto più progredite della sua epoca, le idee di Ray rimasero dormenti fino al tempo di Jussieu, dal quale furono sviluppate in quello che è divenuto noto come il Sistema Naturale: un sistema migliorato in seguito da De Candolle. Dopo esser passato attraverso varie modificazioni nelle mani dei botanici successivi, il Sistema Naturale è ora rap-

presentato dalla forma esposta nelle due pagine seguenti, che è basata sull'indice prefisso al vol. II, della traduzione, fatta dal Prof. Oliver, della *Storia Naturale delle Piante* del Prof. Kerner. Io mi sono avventurato a omettere la sua prima divisione, Myxothallophita (= Myxomycetes). Il territorio ch'essa occupa è contrastato tra zoologi e botanici, e siccome io ò incluso il gruppo nella classificazione zoologica, convenendo che i caratteri sono più animali che vegetali, non posso altresì includerlo nella classificazione botanica.

Qui, l'ordinamento lineare è scomparso; vi à uno spezzamento in gruppi e sotto-gruppi e sub-sotto-gruppi, che non permettono di esser collocati in ordine a serie, ma soltanto in ordine divergente e ridivergente. Se ci fosse spazio sufficiente per mostrare il modo in cui le Alleanze si suddividono in Ordini, e questi in Generi, e questi in Specie, lo stesso principio di coordinazione sarebbe ancor meglio manifestato. Studiando le definizioni di queste classi primarie, secondarie, e terziarie, si troverà che le più grandi sono distinte l'una dall'altra per effetto di qualche attributo che connota parecchi altri attributi; che ciascuna delle classi più piccole, comprese in una di queste classi maggiori, è distinta in un modo simile dalle altre classi più piccole collegate con essa; e che così ciascuna classe successivamente più piccola à un numero accresciuto di attributi coesistenti.

§ **100.** La classificazione zoologica à avuto una storia parallela. Il primo tentativo che noi dobbiamo notare di disporre gli animali in tal modo da manifestare le loro affinità, è quello di Linneo. Egli li aggruppò come segue (1):

Cl. 1. MAMMALIA. *Ord*. Primates, Bruta, Ferae, Glires, Pecora, Belluae, Cete.

Cl. 2. AVES. *Ord*. Accipites, Picae, Anseres, Grallae, Gallinae, Passeres.

Cl. 3. AMPHIBIA. *Ord*. Reptiles, Serpentes, Nantes.

Cl. 4. PISCES. *Ord*. Apodes, Jugulares, Thoracici, Abdominales.

Cl. 5. INSECTA. *Ord*. Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Neuroptera, Diptera, Aptera.

Cl. 6. VERMES. *Ord*. Intestina, Mollusca, Testacea, Lithophyta, Zoophyta.

---

(1) Questa classificazione, e le tre che seguono ad essa, io cito (abbreviandone alcune) dal « Saggio sulla classificazione » del Prof. Agassiz.

Phyla	*Sub-phyla*	*Classes*	*Sub-Classes*	*Alleanze*
Tallofite		I. Schizophita		2. Cyanophyceae Alghe turc.-verdi 3. Schizomycetes
		II. Dinoflagellata Peridineae		4.
		III. Bacillariales		5.
		IV. Gamophyceae	I. Chlorophyceae	6. Protococcoideae 7. Siphoneae 8. Confervoideae 9. Conjugatae 10. Charales 11. Phaeophyceae 12. Dictyotales 13. Florideae, Alghe marine rosse
		V. Funghi	I. Phycomicetes	14. Oomycetes 15. Zygomycetes
			II. Mesomycetes	16. 17.
			III. Mycomycetes	18. 19.
			Gruppo addizionale di Funghi, Licheni	
Archegoniatae		I. Bryophyta		20. Epatiche, Fegat. 21. Musci, Muschi
		II. Pteridophyta, vas. Crittogame		22. Filices, Felci 23. Hydropterides, Rizocarpi 24. Equisetales, Code di cavallo 25. Lycopodiales, Licopodii
	Gimnosperme	I. Cycadales, Cicade		26.
		II. Conifere		27.
		III. Gnetales		28.

- **Fanerogame (Piante con fiori)**
  - **Angiosperme**
    - I. Monocotiledoni
      - 29. Liliiflorae
      - 30. Scitamineae
      - 31. Gynandrae
      - 32. Fluviales
      - 33. Spadiciflorae
      - 34. Glumiflorae
    - II. Dicotiledoni
      - I. Monochlamidae
        - 35. Centrospermae
        - 36. Protiales
        - 37. Daphnales
        - 38. Santalales
        - 39. Rafflesiales
        - 40. Asarales
        - 41. Euphorbiales
        - 42. Podostemales
        - 43. Viridiflorae
        - 44. Amentales
        - 45. Balanophorales
        - 46. Caprifoliales
      - II. Monopetalae
        - 47. Asterales
        - 48. Campanales
        - 49. Ericales
        - 50. Vaccinales
        - 51. Primulales
        - 52. Tubiflorae
      - III. Polypetalae
        - 53. Ranales
        - 54. Parietales
        - 55. Malvales
        - 56. Disciflorae
        - 57. Crateranthae
        - 58. Myrtales
        - 59. Melastomales
        - 60. Lythrales
        - 61. Hygrobiae
        - 62. Passiflorae
        - 63. Pepones
        - 64. Cactales
        - 65. Ficoidales
        - 66. Umbellales

Questo ordinamento di classi è manifestamente basato su apparenti gradazioni di condizione; e il collocamento de gli ordini similmente tradisce uno sforzo di stabilire delle successioni, cominciando con le forme superiori e terminando con le forme inferiori. Mentre l'idea generale e vaga della perfezione determina il carattere prevalente della classificazione, gli aggruppamenti particolareggiati di essa sono determinati da i più cospicui attributi esterni. Non solo Linneo ma i suoi oppositori, i quali proponevano altri sistemi, erano « sotto l'impressione che gli animali si dovessero ordinare insieme in classi, ordini, generi e specie, secondo la loro più o meno stretta rassomiglianza esterna ». Questo concetto sopravvisse fino al tempo di Cuvier. « I naturalisti », dice Agassiz, « si erano fermamente proposto di stabilire un'unica serie uniforme continua per abbracciare tutti gli animali, tra gli anelli della quale si supponeva non vi fossero intervalli ineguali. Il motto della loro scuola era: *Natura non facit saltum*. Essi chiamavano il loro sistema *la catena degli esseri* ».

La classificazione di Cuvier, basata sull'organizzazione interna invece della esterna apparenza, fu un grande progresso. Egli affermò che vi sono quattro forme principali, o quattro piani generali, su cui gli animali sono costruiti; e, in conformità di questa affermazione, egli delineò lo schema seguente:

Primo Ramo: ANIMALIA VERTEBRATA.

Cl. 1. Mammiferi.
Cl. 2. Uccelli.
Cl. 3. Rettili.
Cl. 4. Pesci.

Secondo Ramo: ANIMALIA MOLLUSCA.

Cl. 1. Cefalopodi.
Cl. 2. Pteropodi.
Cl. 3. Gasteropodi.
Cl. 4. Acefali.
Cl. 5. Brachiopodi.
Cl. 6. Cirropodi.

Terzo Ramo: Animalia Articulata.

Cl. 1. Anellidi.
Cl. 2. Crostacei.
Cl. 3. Aracnidi.
Cl. 4. Insetti.

Quarto Ramo: Animalia Radiata.

Cl. 1. Echinodermi.
Cl. 2. Vermi intestinali.
Cl. 3. Acalefi.
Cl. 4. Polipi.
Cl. 5. Infusorii.

Ma benchè Cuvier si emancipasse dal concetto di una progressione regolare in tutto il Regno Animale, parecchi de' suoi contemporanei e successori rimasero avvinti dall'antico errore. Tenendo in minor considerazione i sistemi differentemente combinati di attributi, che distinguono i differenti sotto-regni, e dominati dalla credenza in uno sviluppo progressivo, che erroneamente si supponeva implicasse un ordinamento lineare de gli animali, essi persistevano nel costringere le forme organiche in un ordine affatto innaturale. La seguente classificazione di Lamarck illustra ciò.

INVERTEBRATI.

I. Animali Apatetici.

Cl. 1. Infusorii. Cl. 2. Polipi. Cl. 3. Raggiati. Cl. 4. Tunicati. Cl. 5. Vermi.	Non sentono, e si muovono soltanto in virtù della loro irritabilità eccitata. Non ànno cervello, nè massa midollare allungata; non sensi; forme varie; raramente articolazioni.

II. Animali Sensitivi.

Cl. 6. Insetti. Cl. 7. Aracnidi. Cl. 8. Crostacei. Cl. 9. Anellidi. Cl. 10. Cirripedi. Cl. 11. Conchiferi. Cl. 12. Molluschi.	Sentono, ma ottengono dalle loro sensazioni soltanto una percezione di oggetti, una sorta d'idee semplici, ch'essi sono incapaci di combinare per ottenere idee complesse. Nessuna colonna vertebrale; un cervello e per lo più una massa midollare allungata; alcuni sensi distinti; muscoli attaccati sotto la pelle; forma simmetrica, le parti essendo in paja.

VERTEBRATI.

III. Animali Intelligenti.

Cl. 13. Pesci.
Cl. 14. Rettili.
Cl. 15. Uccelli.
Cl. 16. Mammiferi.

Sentono; acquistano idee conservabili; eseguiscono con esse operazioni mercè le quali altre ne ottengono; sono intelligenti in gradi diversi. Una colonna vertebrale; un cervello e un midollo spinale; sensi distinti; i muscoli attaccati allo scheletro interno; forma simmetrica, le parti essendo in paja.

Lasciando da parte parecchie classificazioni in cui l'ordinamento regolare, dettato dalla nozione della complessità ascendente, è variamente modificato dal riconoscimento di fatti anatomici evidenti, veniamo a classificazioni le quali riconoscono un altro ordine di fatti — quelli dello sviluppo. Le indagini embriologiche di Von Baer lo condussero a ordinare gli animali come segue:

I. Tipo Periferico (Raggiati) *Evolutio radiata*. Lo sviluppo procede da un centro, che produce parti identiche in un ordine raggiante.

II. Tipo Massiccio (Molluschi) *Evolutio contorta*. Lo sviluppo produce parti identiche curvate intorno a uno spazio conico o d'altro genere.

III. Tipo Longitudinale (Articolati) *Evolutio gemina*. Lo sviluppo produce parti identiche che sorgono su ambedue i lati di un asse, e si chiudono lungo una linea opposta all'asse.

IV. Tipo doppiamente simmetrico (Vertebrati) *Evolutio bigemina*. Lo sviluppo produce parti identiche che sorgono su ambedue i lati di un asse, crescono in alto e in basso, e si chiudono lungo due linee, così che lo strato interno del germe è racchiuso al di sotto, e lo strato superiore al di sopra. Gli embrioni di questi animali ànno una corda dorsale, strati dorsali, e strati ventrali, un tubo nervoso e fessure branchiali.

Riconoscendo queste differenze fondamentali nei modi di sviluppo corrispondenti alle divisioni fondamentali nel regno animale, Von Baer

mostra (tra i Vertebrati almeno) come le differenze minori, che sorgono in fasi embrionali successivamente posteriori, corrispondano alle minori divisioni.

Come la classificazione moderna delle piante, la classificazione moderna de gli animali ci mostra completamente spezzato il preteso ordine lineare. Nelle sue letture all'Istituto Reale nel 1857, il Prof. Huxley espresse le relazioni esistenti tra i diversi grandi gruppi del regno animale, collocandoli alle estremità di quattro o cinque raggi, divergenti da un centro. Io non ò potuto avere il diagramma; ma nelle relazioni pubblicate delle sue lettere alla Scuola delle Miniere, i gruppi erano disposti come si vede qui sotto. Se può sembrare che rimanga qualche cosa della successione lineare in alcuni dei sotto-gruppi ivi contenuti, ciò è soltanto un accidente dovuto alla opportunità tipografica. Ciascuno di essi deve considerarsi semplicemente come un aggregato. E se il Prof. Huxley avesse ulteriormente sviluppato la sistemazione, disperdendo i sotto-gruppi e i sub-sotto-gruppi secondo lo stesso principio, ne risulterebbe forse una sistemazione non molto diversa da quella mostrata nella pagina successiva.

VERTEBRATA
(*Abranchiata*)
Mammalia
Aves
Reptilia
(*Branchiata*)
Amphibia
Pisces

MOLLUSCA
Cephalopoda Heteropoda
Gasteropoda-dioecia
Pulmonata
Pteropoda
Gasteropoda-monoecia
Lamellibranchiata

ANNULOSA
Articulata
Insecta
Myriapoda
Arachnida
Crustacea
Annuloida
Annellata
Echinodermata
Rotifera
Scoleidae
Trematoda
Toeniade
Turbellaria
Nematoidea

COELENTERATA

Hydrozoa Actinozoa

PROTOZOA

Infusoria *Noctilucidae* Spongiadae Foraminifera Gregarinidae *Thallassicollidae*

Nel disegno i punti rappresentano gli ordini, i nomi dei quali non è possibile inserire. Se si suppone che ciascuno di questi punti, quando

sia ingrandito, si risolve in un gruppo di gruppi, rappresentanti generi e specie, uno si formerà un'idea approssimativa delle relazioni tra i gruppi successivamente subordinati che costituiscono il regno animale.

Oltre alla subordinazione dei gruppi e alla loro distribuzione generale, vi sono indicati alcuni altri fatti. Con le distanze delle grandi divisioni dal centro generale, sono rozzamente simboleggiati i loro rispettivi gradi di divergenza dalla forma di materia organica semplice, non differenziata; la quale noi possiamo considerare come la loro sorgente comune. Entro ciascun gruppo, la lontananza dal centro locale rappresenta, in modo rozzo, il grado di distanza dal piano generale del gruppo. E la distribuzione dei sotto-gruppi entro ciascun gruppo è, nella maggior parte dei casi, tale che quelli i quali più si avvicinano ai gruppi adiacenti sono quelli che mostrano la più vicina rassomiglianza ad essi — nelle loro analogie, quantunque non nelle loro omologie. Nessuno schema di questo genere, tuttavia, può dare un concetto esatto. Anche supponendo che il diagramma precedente esprimesse le relazioni de gli animali tra loro così precisamente come esse possono essere espresse sopra una superficie piana (ciò che naturalmente non avviene), esso sarebbe pur sempre inadeguato. Tali relazioni non possono essere rappresentate nello spazio di due dimensioni, ma soltanto nello spazio di tre dimensioni.

§ **100** *a*. Due motivi mi ànno indotto a includere nella sua forma originaria lo schizzo precedente: l'uno è che in conformità col metodo anteriormente seguìto, di dare le forme successive delle classificazioni, sembra desiderabile dare questa forma che era approvata più di trenta anni or sono; e l'altro è che i commenti esplicativi rimangono ora tanto applicabili quanto lo erano allora. Il sostituire al diagramma un altro che esprima le relazioni delle classi come sono ora concepite, non è in alcun modo una facile impresa; poichè i concetti che di esse si formano non sono stabiliti. Riguardo alla presente attitudine de gli zoologi il Professore MacBride scrive:

« Essi riconoscono tutti un certo numero di divisioni. Ciascuna divisione include un gruppo di animali, sulla relazione dei quali tra loro nessuno à alcun dubbio. Ciascun zoologo, tuttavia, à la sua idea propria quanto ai rapporti che le varie divisioni ànno l'una con l'altra.

« Le divisioni riconosciute presentemente sono:

« (1) Protozoi.
« (2) Poriferi (Spugne).
« (3) Celenterati.
« (4) Echinodermi.

« (5) Platelminti { Cestodi. Trematodi. Turbellarie.

« (6) Nemertini.
« (7) Nematodi.
« (8) Acantocefali (Echinorhyncus).
« (9) Chetognati (Sagitta).
« (10) Rotiferi.
« (11) Anellidi (include le Sanguisughe, *Gephyrea*, *Chaetifera*).
« (12) Gefirei, Acheti.

« (13) Artropodi { Tracheati (*Peripatus*, Miriapodi, Insetti). Aracnidi. Crostacei. Picnogonidi.

« (14) Molluschi.
« (15) Polizoi (incluso il *Phoronis*).
« (16) Brachiopodi.
« (17) Cordati (include il *Balanoglossus* e i Tunicati. Alcuni zoologi del continente non ammettono il *Balanoglossus*) ».

(Quest'ultima divisione include naturalmente i Vertebrati).

Benchè nelle condizioni presenti, come si è sopra implicitamente affermato, sarebbe assurdo tentare uno schema definito di relazioni, pur mi è sembrato che si potesse tentare di delineare uno schema, il quale presentasse in una maniera vaga quelle relazioni su cui si è generalmente d'accordo e lasciasse indeterminate le altre; e che una impressione generale da ciò risultante può essere utile. Sulla pagina seguente io ò cercato di fare un tentativo di sistemazione di questo genere.

In fondo alla tavola ò collocato insieme, sotto il nome « Protozoi Composti », quelle specie di Protozoi aggregati che non mostrano differenziazioni tra i membri de i gruppi, e si distinguono in tal guisa da i Metazoi; e ò ulteriormente segnato la distinzione con la posizione loro, la quale implica che da essi nessuna evoluzione di tipi più elevati à avuto luogo. Rispetto alla denominazione dei sotto-regni, divisioni, classi, ordini, ecc., io non ò mantenuto un intero accordo. I valori relativi dei gruppi non possono essere tipograficamente espressi in uno spazio piccolo con una varietà limitata di lettere. Le dimensioni delle lettere segnano gli ordini classificatorii, e con la grossezza ò rozzamente indi-

Placental
Mammalia
Implacental
Aves
VERTEBRATA
Reptilia
Amphibia
Pisces
Cephalochorda
CHORDATA
Urochorda (Tunicata)
Arachnida
Insecta
Crustacea
Chilopoda
ARTHROPODA
Diplopoda
Chaetopoda
ANNELIDA
Echiuroidea
Hirudinea
Archiannelida
BRACHIOPODA
ROTIFERA
Crinoidea
Asteroidea
ECHINODERMATA
Echinoidea
Holothuroidea
Enteropneusta
Dibranchiata
Cephalopoda
Tetrabranchiate
Scaphopoda
MOLLUSCA
Solenogastres
Gasteropoda
Lamellibranchiata
POLYZOA
Acanthocephala
Nematomorpha
NEMATHELMINTHES
Nematoda
Zoantharia
Ctenophora
Acalephae
Rugosa
Hydromedusae
CŒLENTERATA
Alcyonaria
Actinozoa
Hydrozoa
NEMERTEA
PROTOZOA
Corticata
Gymnomyxa
Myxomycetes
Triaxonia
Turbellaria
PLATYHELMINTHES
Trematoda
Calcarea
PORIFERA
Demospongiae
Cestoda
Foraminifera
Compound Protozoa
Volvocina
Radiolaria

cato la loro importanza zoologica. Fissando l'ordine di subordinazione de i gruppi mi sono giovato dell'indice prefisso al *Manuale di Zoologia per lo studente* del Signor Adam Sedgwick e ò fatto uso anche delle classificazioni di parecchi sotto-regni del Prof. Ray Lankester.

Insisterò ancora sul fatto che le relazioni di questi gruppi divergenti e ridivergenti non possono essere espresse sopra una superficie piatta. Se immaginiamo un arbusto di lauro schiacciato da un piano orizzontale che scende su di esso, vedremo che parecchi dei rami e ramoscelli più alti che erano precedentemente stretti insieme diventeranno lontani, e che le posizioni relative delle parti possono rimanere parzialmente vere soltanto rispetto ai rami minori. Il lettore deve perciò aspettarsi di trovare alcune delle divisioni zoologiche, che nell'ordine della natura sono vicine le une alle altre, indicate nella tavola come affatto distanti.

§ **101.** Mentre le classificazioni dei botanici e de gli zoologi sono divenute sempre più naturali nei loro ordinamenti, si è sviluppata una certa artificialità nella loro nomenclatura astratta. Aggregando i gruppi più piccoli ne i gruppi più grandi e questi in gruppi ancor più grandi, essi ànno adottato certi termini generali esprimenti le divisioni successivamente più comprensive; e l'uso abituale di questi termini, necessari per scopi di opportunità, à condotto alla tacita supposizione che essi corrispondono a vere attualità nella Natura. Si è preso per dimostrato che le specie, i generi, gli ordini, e le classi, siano gruppi di valori definiti — che ogni genere sia l'equivalente di ogni altro genere rispetto al suo grado di determinatezza; e che gli ordini siano separati da linee di demarcazione le quali sono tanto larghe in un punto quanto in un altro. Benchè questa convinzione non sia formulata, le dispute che continuamente avvengono tra i naturalisti sulle questioni dirette a stabilire se tali e tali organismi siano specificamente o genericamente distinti, e se questa o quella peculiarità sia o no d'importanza ordinale, implicano che si à la convinzione anche dove non è confessata. Pure il fatto che differenze di opinione come queste sorgono e rimangono insolute, fuorchè quando terminano nello stabilimento di sotto-specie, sotto-generi, sotto-ordini, e sotto-classi, mostra sufficientemente che la convinzione è mal fondata. E ciò è egualmente mostrato dalla impossibilità di ottenere una definizione del grado di differenza che giustifica ciascuna ulteriore elevazione nella gerarchia delle classi.

È, in vero, una supposizione interamente gratuita che gli organismi siano suscettibili di esser collocati in gruppi di valori equivalenti; e

che questi possano essere uniti in gruppi più grandi che sono altresì di valori equivalenti; e così via. Non vi à alcuna ragione *a priori* per prevedere ciò; e non vi à alcuna prova *a posteriori* che lo implichi, salvo quella che si aggira in un circolo — quella la quale afferma che una distinzione è generica e un'altra ordinale, poichè si presuppone che tali distinzioni debbano essere generiche od ordinali. Il tentativo di costringere le piante e gli animali in queste partizioni definite è della stessa natura come il tentativo di costringerli in serie lineari. Non che esso faccia violenza ai fatti in un qualche grado simile; ma pure, esso fa violenza ai fatti. Senza dubbio il fare divisioni e suddivisioni è estremamente utile; o piuttosto, è necessario. Senza dubbio pure, nel ridurre i fatti a un certo quale ordine, essi devono essere parzialmente svisati. Fino a tanto che la forma svisata non si scambia con la forma attuale, non ne risulta alcun danno. Ma è per noi necessario ricordare che mentre i gruppi successivamente subordinati ànno una certa corrispondenza generale con le realtà, essi attribuiscono tacitamente alle realtà una regolarità la quale non esiste.

§ **102.** Una verità generale di molta importanza si offre in queste classificazioni. Osservando la natura de gli attributi che sono comuni ai membri di qualunque gruppo del primo, secondo, terzo, o quarto grado, vediamo che i gruppi della più ampia generalità sono basati su caratteri della più grande importanza, fisiologicamente considerati; e che i caratteri de i gruppi successivamente subordinati sono caratteri d'importanza successivamente subordinata. La peculiarità di struttura, in cui tutti i membri di un sotto-regno differiscono da tutti i membri di un altro sotto-regno, è una peculiarità che influisce sulle azioni vitali più profondamente della peculiarità di struttura che distingue tutti i membri di una classe da tutti i membri di un'altra classe. Guardiamo alcuni casi.

Vedemmo (§ 56) che la più ampia divisione tra le funzioni è la divisione nell'« *accumulazione della energia* (latente nel cibo); il *dispendio di energia* (latente ne i tessuti e in certe materie assorbite da essi); e il *trasferimento dell'energia* (latente nel nutrimento preparato o sangue) dalle parti che accumulano alle parti che spendono ». Ora ne gli animali più infimi, uniti sotto il nome generale Protozoi, o non vi à alcuna separazione delle parti che eseguiscono queste funzioni o una separazione molto indistinta: nei Rizopodi, tutte le parti sono a un tempo accumulatori di energia, consumatori di energia e trasmettitori di energia; e benchè ne i membri più elevati del gruppo, gl'Infusorii, vi siano alcune

specializzazioni corrispondenti a queste funzioni, tuttavia non vi sono tessuti distinti appropriati ad esse. Similmente, quando passiamo da tipi semplici a tipi composti — da i Protozoi a i Metazoi. Gli animali conosciuti col nome di Celenterati sono caratterizzati in comune dal possesso di una parte che accumula energia, più o meno distinta dalla parte che non accumula energia, ma soltanto la consuma; e gl'Idrozoi e Antozoi, che sono suddivisioni de i Celenterati, offrono un contrasto in ciò, che ne i secondi queste parti sono molto più differenziate l'una dall'altra, come pure più complicate. Oltre a una più completa differenziazione de gli organi rispettivamente dedicati all'accumulazione e al dispendio dell'energia, gli animali che vengono dopo i Celenterati possiedono rozzi meccanismi per il trasferimento dell'energia: il sacco periviscerale, o cavità chiusa tra l'intestino e le pareti del corpo, serve come un serbatoio di nutrimento assorbito, da cui i tessuti circostanti prendono i materiali di cui ànno bisogno. E poi da questo sacco à origine un meccanismo più efficace per il trasferimento dell'energia: gli animali più altamente organizzati, appartenenti a qualsiasi sotto-regno, possiedono tutti quanti canali definitamente costruiti per distribuire le materie contenenti energia. In essi tutti, pure, la funzione del dispendio è divisa tra un apparato direttivo e un apparato esecutivo — un sistema nervoso e un sistema muscolare. Ma questi più alti sotto-regni sono manifestamente separati l'uno dall'altro in virtù di differenze nelle posizioni relative dei sistemi di organi che li compongono. L'attitudine abituale de gli annulosi e dei molluschi è tale che i centri neutrali sono al di sotto del canale alimentare e i centri emali al di sopra. E mentre in virtù di questi caratteri i tipi de gli annulosi e dei molluschi sono separati da i vertebrati, essi sono separati gli uni da gli altri in virtù di ciò, che nei primi il corpo è « composto di segmenti successivi, per solito provveduti di membri », ma nei secondi il corpo non è segmentato, « e non si sviluppano mai veri membri articolati ».

Mentre i sotto-regni si distinguono in tal guisa gli uni da gli altri, in virtù della presenza o assenza di parti specializzate dedicate alle funzioni fondamentali, o altrimenti in virtù di differenze nelle distribuzioni di tali parti, troviamo, discendendo alle classi, che queste si distinguono le une dalle altre, o in virtù di modificazioni nelle strutture delle parti fondamentali, o in virtù della presenza o assenza di parti sussidiarie, o in virtù di ambedue questi fatti. I Pesci e gli Anfibii sono dissimili da i più alti vertebrati in quanto possiedono branchie, o durante tutta la vita o nelle fasi prime di essa. E ogni più alto vertebrato, oltre ad avere

polmoni, è caratterizzato dal fatto che à, durante lo sviluppo, un amnio e un'allantoide. I Mammiferi, poi, si distinguono da gli Uccelli e da i Rettilî per la presenza di mammelle, come anche per la forma dei condili occipitali. Tra i Mammiferi, la divisione susseguente è basata sulla presenza o assenza di una placenta. E le divisioni dei *Placentalia* sono principalmente determinate da i caratteri de gli organi dell'azione esterna.

Così, senza moltiplicare le illustrazioni e senza discendere a i generi e alle specie, vediamo che, generalmente parlando, i gruppi successivamente più piccoli si distinguono l'uno dall'altro in virtù di caratteri d'importanza successivamente minore, fisiologicamente considerati. Gli attributi posseduti in comune da i più vasti aggregati di organismi, sono pochi di numero ma di suprema importanza per la qualità. Ciascun aggregato secondario, incluso in uno de gli aggregati primari, è caratterizzato da ulteriori attributi comuni che influiscono sulle funzioni meno profondamente. E così via con ciascun grado più basso.

§ **103.** Quale interpretazione si deve dare di questi principii di classificazione? Noi troviamo che le forme organiche sono suscettibili di un ordinamento il quale indica ovunque il fatto che insieme con certi attributi esistono certi altri attributi, che non sono direttamente connessi con essi. Come dobbiamo spiegare questo fatto? E come dobbiamo spiegare il fatto che gli attributi posseduti in comune da i più vasti aggregati di forme sono gli attributi più importanti vitalmente?

Nessuno può credere che combinazioni di questo genere siano sorte fortuitamente. Anche supponendo che le combinazioni fortuite di attributi potrebbero produrre organismi che agirebbero, pur ci mancherebbe una chiave per spiegare questo modo speciale di combinazione. Le probabilità sarebbero infinite contro l'unica probabilità che gli organismi i quali possedessero in comune certi attributi fondamentali, avessero altresì in comune numerosi attributi non essenziali.

Nè, ancora, può alcuno affermare che tali combinazioni siano necessarie, nel senso che tutte le altre combinazioni siano impossibili. Non vi à, nella natura delle cose, una ragione perchè gli esseri ricoperti di penne debbano sempre aver becchi: mascelle con denti avrebbero, in molti casi, servito ad essi egualmente bene o meglio. La caratteristica più generale di un intero sotto-regno, eguale per l'estensione a i Vertebrati, avrebbe potuto essere il possesso di membrane nictitanti; mentre

le organizzazioni interne in tutto questo sotto-regno avrebbero potuto essere su piani molto differenti.

Se, come alternativa, questa subordinazione peculiare di caratteri, che le forme organiche presentano, sia attribuita a un disegno prestabilito, altre difficoltà si offrono. Supporre che un certo piano di organizzazione fu fissato da un Creatore per ciascun gruppo vasto e svariato, i membri del quale dovevano avere molti modi differenti di vita, e che egli si propose di aderire rigidamente a questo piano, anche nelle forme più aberranti del gruppo dove qualche altro piano sarebbe stato più appropriato, è attribuire un assai strano motivo. Quando scopriamo che il possesso di sette vertebre cervicali è una caratteristica generale dei mammiferi, sia che il collo sia immensamente lungo come nella giraffa, o affatto rudimentale come nella balena, diremo noi che quantunque, per il collo della balena, una vertebra sarebbe stata egualmente buona, e quantunque, per il collo della giraffa, una dozzina sarebbero state probabilmente meglio di sette, tuttavia si mantenne il numero di sette in ambedue i casi, perchè fu fissato il sette per il tipo mammifero? E poi, quando si scopre che questo possesso di sette vertebre cervicali non è una caratteristica assolutamente universale de i mammiferi (ve ne à uno che ne à otto), concluderemo noi che mentre, in una moltitudine di casi, si aderì inutilmente a un piano per amor di coerenza, vi fu pure, in alcuni casi, un abbandono incoerente di questo piano? Credo che possiamo giustamente rifiutarci di trarre una tal conclusione.

Quale, dunque, è il significato di queste relazioni peculiari delle forme organiche? Non è qui il luogo di rispondere a tale questione. Dopo aver considerato il problema come si presenta in queste ampie induzioni che i naturalisti ànno raggiunto; e dopo aver visto quali soluzioni proposte di esso siano inammissibili, sarà ufficio della teoria dell'evoluzione stabilire qual'è l'unica soluzione possibile.

CAPITOLO XII.

Distribuzione.

§ **104.** Vi à una distribuzione de gli organismi nello Spazio, e vi à una distribuzione de gli organismi nel Tempo. Guardando prima alla loro distribuzione nello Spazio, noi osserviamo in essa due classi differenti di fatti. Da un lato, le località dove vivono le piante e gli animali di ciascuna specie sono limitate dalle condizioni esterne: essi sono necessariamente ristretti a spazi in cui le loro azioni vitali possono essere eseguite. Dall'altro lato, l'esistenza di certe condizioni non determina la presenza di organismi che sono adatti per esse. Vi sono molti spazi perfettamente conformi a un ordine elevato di vita, in cui si trova soltanto la vita di un ordine assai inferiore.

Mentre, nella inevitabile restrizione de gli organismi a gli ambienti a i quali corrisponde la loro natura, troviamo una causa *negativa* di distribuzione, rimane da trovarsi quella causa *positiva* donde risulta la presenza di organismi in alcuni luoghi ad essi appropriati e la loro assenza da altri luoghi egualmente appropriati o più appropriati. Consideriamo i fenomeni così classificati.

§ **105.** Abbondanti, e familiari a tutti i lettori, sono i fatti che illustrano l'influenza restrittiva delle condizioni circostanti. Sarà necessario, tuttavia, citarne qui alcuni tipici di ciascun ordine.

Il fatto più vasto della distribuzione è la limitazione delle differenti specie di piante e delle differenti specie di animali alle località a cui esse sono separatamente adatte. Abbiamo gruppi estesi di piante che sono rispettivamente sub-aeree e sub-acquee; e di quelle sub-acquee alcune sono esclusivamente marine, mentre altre esistono soltanto ne i fiumi e ne i laghi. Tra gli animali similmente troviamo alcune classi limitate

all'aria e altre all'acqua; e di quelli che respirano nell'acqua alcuni sono ristretti all'acqua marina e altri all'acqua dolce. Meno cospicuo è il fatto che entro ciascuna di queste località opposte vi sono ulteriori limitazioni ampiamente estese. Nel mare certi organismi esistono soltanto tra certe profondità, e altri soltanto tra altre profondità: la patella e l'anodonta entro la zona littorale, e numerose specie in fondo all'oceano; e sulla terraferma, vi sono Flore e Faune peculiari alle regioni basse e altre peculiari alle regioni alte. Poi abbiamo le ben note limitazioni geografiche derivanti dal clima. Vi sono temperature le quali restringono ciascuna specie di organismo tra certe linee isotermiche, e stati igrometrici che impediscono la diffusione di ciascuna specie di organismo al di là di aree aventi una certa umidità o una certa asciuttezza. Oltre a queste limitazioni generali troviamo limitazioni assai più speciali. Alcune piccolissime forme vegetali si presentano soltanto nella neve. Le sorgenti calde ànno i loro Infusorii particolari. Le località abitate da certi Funghi sono miniere o altri posti oscuri. E ci sono esseri sconosciuti al di là dell'acqua contenuta in particolari caverne.

Dopo questi limiti alla distribuzione imposti dalle condizioni fisiche, vengono i limiti imposti dalla presenza o assenza di altri organismi. Manifestamente, gli animali graminivori sono confinati entro tratti di suolo che producono piante adatte per la loro alimentazione. I grandi carnivori non possono esistere fuori di regioni dove ci sono esseri grandi abbastanza e abbastanza numerosi per servire da preda. I bisogni del tardigrado lo limitano a certe estensioni ricoperte da foreste; e non ci possono essere pipistrelli insettivori dove non ci sono insetti che volano di notte. A queste dipendenze de gli organismi relativamente superiori da gli organismi relativamente inferiori che essi consumano, si devono aggiungere certe dipendenze reciproche di quelli inferiori da i superiori. Le indagini del Darwin ànno dimostrato come generalmente la fecondazione delle piante sia dovuta all'opera de gl'insetti, e come certe piante, essendo fecondabili soltanto per opera d'insetti aventi certe strutture, sono limitate a regioni abitate da tali insetti. Al contrario, la diffusione de gli organismi è spesso ristretta entro dati confini per effetto della presenza di organismi particolari al di là di quei confini — o organismi competitori o organismi direttamente nemici. Una pianta adatta per qualche territorio vicino a quello in cui essa prospera, non riesce ad estendervisi perchè il territorio è già occupato da qualche pianta che le è superiore o per fecondità o per forza di resistenza contro gli elementi distruttivi; o altrimenti non vi riesce perchè vive nel territorio qualche

mammifero il quale si pasce del suo fogliame, o qualche uccello che divora quasi tutti i suoi semi. Similmente, un'area in cui una specie particolare di animali potrebbe prosperare, non è colonizzata da essi perchè non sono veloci abbastanza per isfuggire a qualche bestia di preda che abita quest'area, o perchè l'area è infestata da qualche insetto che li distrugge, come la mosca *tsetse* distrugge il bestiame in certe parti d'Africa. Ancora un'altra serie più speciale di limitazioni accompagna il parassitismo. Ci sono piante parassitiche che fioriscono soltanto su alcune poche specie di alberi, e altre che ànno animali particolari per loro abitazione — come il fungo che è fatale al baco da seta, o quello che così stranamente vien fuori da un bruco della Nuova Zelanda. Vari generi di animali parassiti conducono forme di vita che implicano una distribuzione speciale. Abbiamo generi che adoperano altri esseri per scopi di locomozione, come la *Chelonobia* adopera la testuggine acquatica, e come una certa *Actinia* adopera il guscio abitato da un paguro. Abbiamo il parassitismo, in cui un animale abitualmente ne accompagna un altro per aver parte della sua preda, come l'anellide che prende la sua dimora nel guscio di un paguro, e afferra da questo i pezzetti di cibo ch'esso sta mangiando. Abbiamo anche il parassitismo più comune de gli Epizoi — animali che si attaccano alle superficie di altri animali, e si nutrono dei loro succhi o delle loro secrezioni. E in fine, abbiamo il parassitismo egualmente comune de gli Entozoi — esseri che vivono entro altri esseri. Oltre ad esser ristretta al corpo de gli organismi che essa infesta, ciascuna specie à per solito limiti ancor più ristretti di distribuzione; in alcuni casi gli organismi infestati forniscono abitazioni adatte per i parassiti soltanto in certe regioni, e in altri casi soltanto quando si trovano in certi stati costituzionali. Ci sono modi più indiretti in cui le distribuzioni de gli organismi influiscono l'una sull'altra. Certe specie di piante sono mangiate da gli animali soltanto se mancano le specie che sono preferite da essi; e quindi la prosperità di tali piante dipende in parte dalla presenza delle piante preferite. Il sig. Bates à dimostrato che certe farfalle dell'America del Sud prosperano in regioni dove gli uccelli insettivori le distruggerebbero, s'esse non rassomigliassero strettamente a un altro genere di farfalle che non piacciono a quegli uccelli. E il Darwin dà casi di dipendenza ancor più remota e intricata.

Tali sono le principali cause negative di distribuzione — gli agenti inorganici e organici che pongono limiti a gli spazi abitati da ciascuna specie di organismi. Per comprendere pienamente la loro azione, dob-

biamo considerarle come operanti non separatamente ma di concerto. Dobbiamo considerare le influenze fisiche, variabili da un anno all'altro, come atte a produrre una estensione o restrizione della località abitata ora in questa direzione e ora in quella, e come atte a produrre estensioni e restrizioni secondarie mediante i loro effetti su altre specie di organismi. Dobbiamo considerare la distribuzione di ciascuna specie come soggetta all'influenza non solo di cause che favoriscono la moltiplicazione di animali da preda o nemici entro la sua propria area, ma altresì di cause che producono tali risultati nelle aree vicine. Dobbiamo concepire le forze per cui il limite è mantenuto, come includenti tutte le influenze meteorologiche, unite con le influenze, dirette o remote, di numerose specie coesistenti.

Una verità generale, indicata da parecchie delle illustrazioni precedenti, richiede di esser specialmente notata — la verità che tutte le specie di organismi cercano di usurpare le loro reciproche sfere di esistenza. Delle maniere in cui ciò accade, la più comune è la invasione del territorio. Quella tendenza che vediamo nelle razze umane di sorpassare e occupare le loro reciproche terre, come anche le terre abitate da gli esseri inferiori, è una tendenza presentata in vari modi da tutte le classi di organismi. Tra essi, come tra gli uomini, ci sono conquiste permanenti, occupazioni temporanee, e scorrerie occasionali. A ogni primavera gli uccelli del Sud fanno una incursione nell'area occupata dai nostri uccelli; e ad ogni inverno le cesene (*turdus pilaris*) del Nord vengono ad approfittare delle frutta selvatiche delle nostre siepi, e così dànno luogo a una certa mortalità tra i nostri uccelli nativi. Oltre a queste incursioni che si ripetono regolarmente, ve ne sono di quelle irregolari; come delle locuste in paesi per solito non visitati da esse, o di certi roditori i quali di tempo in tempo accorrono in folla in aree vicine alle loro. Di quando in quando una incursione termina in una occupazione permanente — forse con la conquista sopra le specie indigene. In questi ultimi pochi anni un'alga americana à preso possesso dei nostri pantani e dei nostri fiumi, e in una certa misura soppiantato le alghe native. Tra gli animali si può ricordare una piccola specie di formica rossa, avente abitudini affini a quelle delle formiche tropicali, che à di recente invaso molte case di Londra. Il ratto, che deve aver cominciato a infestare le navi in questi ultimi pochi secoli, fornisce una buona illustrazione della prontezza con cui gli animali occupano nuovi luoghi, i quali siano utilizzabili. E il modo in cui le navi che visitano l'India sono liberate della blatta europea dall'affine

Blatta orientalis, ci mostra come queste fortunate invasioni durino solo fino a tanto che vengono invasori più potenti. Gli animali penetrano nelle loro reciproche sfere di esistenza in altri modi che coll'usurpare le loro aree reciproche: essi adottano le loro reciproche forme di vita. Vi sono casi in cui questa usurpazione di abitudini è lieve e temporanea; e vi sono casi dove è notevole e permanente. I corvi grigi spesso si uniscono ai gabbiani per raccogliere il nutrimento tra i segni della marea; e qualche volta si possono vedere i gabbiani a molte miglia entro terra, dove cercano il cibo nei campi arati e nelle lande incolte. Il Darwin à osservato una sterpagnola che acchiappava pesce. Egli dice che la cincia maggiore assume qualche volta i costumi del *lanius excubitor* e qualche volta della *sitta*, e che alcuni picchi dell'America del Sud sono frugivori, mentre altri fanno la caccia a gl'insetti a volo. Di intrusioni abituali nelle occupazioni di altri animali, un caso è fornito dall'aquila marina, la quale, oltre ad andare in caccia di preda sulla superficie della terraferma, come il resto della tribù dei rapaci, spesso s'immerge per afferrare il pesce. E il Darwin ricorda una specie di petrello che à acquistato l'uso di andar sott'acqua, ed à una organizzazione considerevolmente modificata. Questi ultimi casi c'introducono a una classe ancor più notevole di fatti di analogo significato. Questa intrusione de gli organismi nei loro reciproci modi di vita va fino al punto di usurpare le loro reciproche località abitate. La grande massa delle piante fiorifere è terrestre, e (indipendentemente da altri bisogni) è necessario ch'esse siano tali per il loro processo di fruttificazione. Ma ve ne sono alcune che vivono nell'acqua, e protraggono i loro fiori al di sopra della superficie. Anzi, vi à un esempio ancor più notevole. Sulla riva del mare si può trovare un'alga a un centinaio di metri entro terra, e una fanerogama che à preso radici nell'acqua salata. Tra gli animali questi scambi di ambiente sono numerosi. Quasi tutti gl'insetti coleotteri sono terrestri; ma lo scarafaggio d'acqua, che come gli altri del suo ordine è un respiratore d'aria, à abitudini acquatiche. L'acqua sembra essere un ambiente estremamente disadatto per una mosca; e pure il Sig. (ora Sir John) Lubbock à scoperto più di una specie di mosca che vive al disotto della superficie dell'acqua e vien su ogni tanto per respirare l'aria. Gli uccelli, considerati come una classe, sono specialmente adatti per una esistenza aerea; ma certe tribù di essi sì sono date a una esistenza acquatica — nuotando sulla superficie dell'acqua e facendo continue incursioni al di sotto di essa, e alcune specie ànno interamente perduto il potere del volo. Tra i mammiferi, pure,

che ànno membra e polmoni implicanti una organizzazione per la vita terrestre, si possono ricordare certe specie che vivono più o meno nell'acqua e sono più o meno adatte ad essa. Abbiamo ratti acquatici e lontre che uniscono le due specie di vita, e mostrano ben poca modificazione; ippopotami che passano la maggior parte del loro tempo nell'acqua, e alquanto più adatti ad essa; foche che vivono quasi esclusivamente nel mare, e la cui forma mammifera è divenuta assai indistinta; balene interamente confinate al mare, e aventi così poco l'aspetto di mammiferi da essere scambiate per pesci. Al contrario, parecchi abitanti dell'acqua fanno escursioni sulla terra-ferma. Le anguille migrano di notte da un pantano ad un altro. Ci sono pesci con branchie specialmente modificate e con le ossa delle pinne che servono come trampoli, i quali, allorchè i fiumi ch'essi abitano sono parzialmente asciugati, vanno in cerca di migliori quartieri. E mentre alcune specie di granchi non fanno escursioni di terra al di là del limite dell'alta marea, altre specie seguono una vita quasi interamente terrestre.

Guidati da queste due classi di fatti, dobbiamo considerare i limiti della sfera di esistenza di ciascuna specie come determinati dal bilanciarsi di due sistemi antagonistici di forze. La tendenza che ogni specie à d'invadere altre aree, altri modi di vita e altri ambienti, è ristretta dalla resistenza diretta e indiretta delle condizioni, organiche e inorganiche. E queste energie espansive e repressive, che variano continuamente nelle loro intensità rispettive, si fanno ritmicamente equilibrio tra loro — mantengono un limite che perpetuamente oscilla da un lato all'altro di una certa media.

§ **106.** Come si è implicitamente affermato sul principio, il carattere di una regione, quando è sfavorevole ad una specie, spiega sufficientemente l'assenza di questa specie; e così l'assenza di essa non è in disaccordo con l'ipotesi che ciascuna specie fosse originariamente posta nelle regioni ad essa più favorevoli. Ma l'assenza di una specie da regioni che *sono* favorevoli ad essa non può essere in tal guisa spiegata. Se le piante e gli animali fossero interamente localizzati con riferimento alla conformità delle loro costituzioni alle condizioni circostanti, noi ci potremmo aspettare che le Flore sarebbero simili, e le Faune egualmente, dove simili sono le condizioni; e noi ci potremmo aspettare dissomiglianze tra le Flore e tra le Faune, proporzionate alle dissomiglianze delle loro condizioni. Ma non troviamo che tali anticipazioni siano verificate.

Il Darwin dice che « nell'emisfero Meridionale, se confrontiamo i vasti tratti di terra nell'Australia, nell'Africa meridionale, e nell'America occidentale del Sud, tra le latitudini 25° e 35°, troveremo parti estremamente simili in tutte le loro condizioni, e pur non sarebbe possibile indicare tre faune e flore più assolutamente dissimili. O ancora noi possiamo confrontare le produzioni dell'America Meridionale al sud della latitudine 35° con quelle al nord della latitudine 25°, che per conseguenza abitano un clima considerevolmente diverso, e troveremo ch'esse sono in modo incomparabile più strettamente affini l'una all'altra, che non siano alle produzioni dell'Australia o dell'Africa quasi nello stesso clima ». Ancor più notevoli sono i contrasti che il Darwin fa notare tra aree vicine che sono totalmente divise l'una dall'altra. « Non ci sono due faune marine più distinte, quasi senza un pesce, una conchiglia, o un granchio in comune, che quelle delle spiagge orientali e occidentali dell'America Meridionale e Centrale; pure queste grandi faune sono separate soltanto dallo stretto, ma insuperabile, istmo di Panama ». Anche ai lati opposti di alte catene di montagne ci sono differenze spiccate nelle forme organiche — differenze non così spiccate come accade dove le barriere sono assolutamente insuperabili, ma molto più spiccate che non sia reso necessario dalle dissomiglianze delle condizioni fisiche.

Non meno suggestivo è il fatto opposto che certe vaste aree geografiche, le quali offrono decisi contrasti geologici e meteorologici, sono popolate da gruppi strettamente affini di organismi, se non ci sono barriere alla migrazione. « Il naturalista viaggiando, per esempio, dal Nord al Sud rimane sempre colpito dal modo in cui i gruppi successivi di esseri, specificamente distinti, e pure manifestamente affini, si sostituiscono l'un l'altro. Da specie di uccelli strettamente affini, e pur distinte, egli ode note quasi simili, e vede i loro nidi similmente costruiti, ma non assolutamente eguali, con uova colorate quasi nella stessa maniera. Le pianure vicine a gli stretti di Magellano sono abitate da una specie di Rhea (Struzzo americano), e verso il Nord le pianure de La Plata da un'altra specie dello stesso genere; e non da un vero struzzo o emu, come quelli che si trovano in Africa e in Australia sotto la stessa latitudine. Su queste pianure de La Plata vediamo l'aguti e il bizcacha, animali che ànno quasi le stesse abitudini delle nostre lepri e dei nostri conigli e appartenenti allo stesso ordine di Roditori, ma essi manifestano chiaramente un tipo americano di struttura. Ascendiamo le somme cime delle Cordigliere, e troviamo una specie alpina di bizcacha; guar-

diamo le acque, e non troviamo il castoro o ratto muschiato, ma il coypu e il capibar, roditori del tipo americano. Si potrebbero dare innumerevoli altri esempi. Se guardiamo le isole lungi dalla spiaggia americana, per quanto esse possano differire nella struttura geologica, gli abitanti, benchè possano essere tutti di specie particolari, sono essenzialmente Americani ».

Qual'è la generalizzazione che risulta da questi due gruppi di fatti? Da un lato, abbiamo aree similmente condizionate e qualche volta vicinissime, occupate da faune affatto differenti. Dall'altro lato, abbiamo aree remote le une dalle altre nella latitudine, e che offrono contrasti nel suolo come anche nel clima, occupate da faune strettamente affini. Evidentemente, dunque, siccome gli organismi simili non si trovano universalmente, o anche generalmente, in località simili, nè gli organismi molto dissimili in località molto dissimili, non vi è alcun manifesto adattamento predeterminato de gli organismi alle località abitate. Gli organismi non si presentano in tali e tali luoghi soltanto perchè essi sono o specialmente adatti per quei luoghi, o più adatti per essi di tutti gli altri organismi.

L'induzione nella quale rientrano questi fatti, e che li unisce con vari altri fatti, è una induzione totalmente differente. Quando vediamo che le aree simili popolate da forme dissimili sono quelle tra le quali ci sono barriere insuperabili; mentre le aree dissimili popolate da forme simili sono quelle tra cui le barriere non esistono; ci si presenta subito alla mente la verità generale esemplificata nell'ultimo paragrafo — la verità che ciascuna specie di organismo tende sempre ad espandersi oltre la sua sfera di esistenza, a invadere altre aree, altri modi di vita, altri ambienti. E ci vien mostrato che attraverso questi tentativi perpetuamente ripetuti di penetrare in ogni località accessibile, ciascuna specie si estende finchè raggiunge limiti che per il momento sono insuperabili.

§ **107.** Passiamo ora alla distribuzione delle forme organiche nel Tempo. Le indagini geologiche ànno stabilito la verità che durante un Passato d'immensurabile durata, le piante e gli animali sono esistiti sulla Terra. In tutti i paesi si trovano in maggiore o minore abbondanza i loro avanzi sepolti. Da aree comparativamente piccole sono stati esumati numerosi tipi differenti. Ogni esplorazione di nuove aree, e ogni più stretta ispezione di aree esplorate, porta in luce più tipi. E senza

dubbio, un esame esauriente di tutti gli strati esposti e di tutti gli strati ora coperti dal mare rivelerebbe tipi in numero immensamente più grande di quelli ora conosciuti. Inoltre i geologi son d'accordo che, anche se avessimo davanti a noi ogni specie di fossile che esiste, non avremmo tuttavia nulla che si avvicini a un indice completo de gli abitanti passati del nostro globo. Molti depositi sedimentari sono stati così alterati per effetto del calore della materia fusa adiacente, da oscurare grandemente gli avanzi organici in essi contenuti. Le estese formazioni chiamate una volta « transizioni », e ora dette con nuovo nome « metamorfiche », si è riconosciuto che sono formazioni di origine sedimentare, da cui tutte le tracce di quei fossili ch'esse probabilmente includevano sono state obliterate per effetto dell'azione ignea. E la conclusione accettata è che la roccia iguea sia risultata ovunque dalla fusione di strati di detrito originariamente deposto dall'acqua. È impossibile dire per quanto tempo le reazioni del nucleo fuso della Terra sulla sua crosta in via di raffreddamento siano andate in tal guisa distruggendo gli annali della Vita; ma vi sono forti ragioni per credere che gli annali che rimangono non sono altro che un piccolo numero di fronte a quelli che sono stati distrutti. Così noi abbiamo soltanto dati estremamente imperfetti per le conclusioni concernenti la distribuzione delle forme organiche nel Tempo. Alcune poche generalizzazioni, tuttavia, si possono considerare come stabilite.

Una generalizzazione è che le piante e gli animali ora esistenti differiscono per lo più dalle piante e da gli animali che sono esistiti. Benchè vi siano specie comuni alla nostra Fauna presente e alle Faune passate, pure l'aspetto della nostra Fauna presente differisce, più o meno, dall'aspetto di ciascuna Fauna passata. Seguendo il confronto, troviamo che le Faune passate differiscono l'una dall'altra e che le differenze tra esse sono proporzionate ai gradi di lontananza dell'una dall'altra nel Tempo, misurati dalle loro posizioni relative nella serie dei sedimenti. Così che se prendiamo il gruppo delle forme organiche ora viventi, e lo confrontiamo con i gruppi successivi di forme organiche che sono vissute nelle successive epoche geologiche, troviamo che quanto più ci riportiamo indietro nel passato, tanto più grande diventa la dissomiglianza. Il numero delle specie e dei generi comuni ai gruppi diventa sempre più piccolo; e i gruppi differiscono sempre più nei loro caratteri generali. Benchè una specie di brachiopodo ora esistente sia quasi identica con una specie che si trova negli strati Siluriani, e benchè tra la Fauna Siluriana e la nostra vi siano parecchi generi comuni di molluschi, è

innegabile tuttavia che c'è una proporzione tra il decorso del tempo e la divergenza delle forme organiche.

Questa divergenza è comparativamente lenta e continua dove vi à continuità nelle formazioni geologiche, ma è improvvisa e comparativamente ampia ovunque si presenta una grande interruzione nella successione de gli strati. I contrasti che in tal guisa sorgono gradatamente o tutti in una volta, nelle formazioni che sono continue o discontinue, sono di due specie. Le Faune di epoche differenti si distinguono in parte perchè nell'una mancano tipi presenti nell'altra, e in parte per le dissomiglianze tra i tipi comuni ad ambedue. Quei contrasti tra le Faune, che son dovuti all'apparizione o alla scomparsa di certi tipi, sono di secondaria importanza: è possibile o probabile ch'essi null'altro implichino se non migrazioni o estinzioni. I contrasti più significativi sono quelli tra i gruppi successivi di organismi dello stesso tipo. E tra questi, come sopra si è detto, le differenze sono, generalmente parlando, piccole e continue dove una serie di strati conformi dà prova dell'esistenza continua del tipo nella località; mentre esse sono comparativamente grandi e improvvise dove le formazioni adiacenti si mostrano separate da lunghi intervalli.

Un altro fatto generale, a cui accenna il Darwin come un fatto che la paleontologia à reso abbastanza certo, è che le forme e i gruppi di forme, che sono scomparsi una volta dalla Terra, non ricompariscono. Lasciando da parte le poche specie che ànno continuato attraverso l'intero periodo de gli annali geologici, si può dire che ciascuna specie, dopo essere sorta, essersi diffusa per un'epoca, e aver continuato numerosa per un'altra epoca, da ultimo declina e si estingue; e che similmente, ciascun genere durante un periodo più lungo cresce nel numero delle sue specie, e durante un più lungo periodo si restringe e in fine scompare. Dopo aver fatto la sua uscita nè la specie nè il genere rientra mai. Lo stesso è vero anche di quei gruppi più grandi che si chiamano ordini. Quattro tipi di rettili che erano una volta abbondanti non sono stati trovati nelle formazioni moderne, e non esistono al presente. Benchè nulla meno che un esame esauriente di tutti gli strati possa provare in modo conclusivo che un tipo di organizzazione, una volta perduto, non si riproduce mai, tuttavia tanti fatti accennano a questa conclusione che la verità di essa può appena essere posta in dubbio.

Formulare un concetto della somma totale e della direzione generale del cambiamento nelle forme organiche durante il tempo misurato

dalla nostra serie sedimentare, è per ora impossibile — i dati sono insufficienti. L'immenso contrasto tra le poche e basse forme della primissima Fauna conosciuta, e le molte e alte forme della nostra Fauna esistente, si è supposto comunemente che provasse non solo un grande cambiamento ma un grande progresso. Non di meno questa apparenza di progresso può essere, e probabilmente è, in massima parte illusoria. Le cognizioni più ampie ànno dimostrato che gli avanzi di esseri comparativamente bene organizzati esistevano in strati che per molto tempo si era supposto esserne privi, e che dove essi mancano, la natura degli strati spesso spiega la loro assenza, senza supporre ch'essi non esistevano quando questi strati furono formati. È una ipotesi sostenibile che i tipi successivamente più alti, fossilizzati nei nostri depositi successivamente posteriori, null'altro indichino se non migrazioni successive da i continenti preesistenti a quelli che andavano gradatamente emergendo dall'Oceano — migrazioni che necessariamente cominciarono con gli ordini inferiori di organismi, e inclusero gli ordini successivamente superiori a misura che le nuove terre diventavano più accessibili ad essi e meglio adatte per essi (1).

Mentre le prove le quali per solito si suppone che provino il progresso non sono così meritevoli di fede, ci sono prove sicure che, in molti casi, vi è stato poco o nessun progresso. Benchè gli ordini che sono esistiti dalle epoche paleozoiche e mesozoiche fino al giorno presente, siano quasi universalmente mutati, tuttavia un confronto dei membri antichi e moderni di questi ordini mostra che la somma totale

---

(1) Per le spiegazioni, vedi il saggio « Geologia Illogica ». Saggi, vol. I. Fino a qual punto noi possiamo essere indotti in errore col supporre che siccome gli avanzi di tipi elevati di esseri non sono stati trovati ne gli strati primitivi, tali esseri non esistevano quando quegli strati furon formati, è stato recentemente (1897) dimostrato dalla scoperta di una Vacca marina fossile nel Miocene inferiore di Hesse-Darmstadt. Lo scheletro di questo animale prova che esso differiva da certi mammiferi della specie delle Sirene, come il *Manatus* esistente, soltanto in assai piccoli particolari: del che è una causa evidente una ulteriore diminuzione delle parti disusate. Se, ora, noi consideriamo che dal principio dell'epoca Miocenica questo tipo aberrante di mammifero non à molto accresciuto la sua divergenza dal tipo mammifero ordinario; se poi consideriamo quanto tempo ci dev'esser voluto perchè questo grosso mammifero acquatico (della lunghezza di circa otto o dieci piedi) derivasse per modificazione da un mammifero di terra; e se poi consideriamo la lunghezza probabile del periodo richiesto per l'evoluzione di quel mammifero di terra da un tipo pre-mammifero; sembra che siamo ricondotti indietro col pensiero a un tempo precedente tutte le nostre memorie geologiche. Ci vien mostrato che il processo dell'evoluzione organica è stato assai probabilmente ben più lento di quello che non si supponga comunemente.

dei cambiamenti non è relativamente grande, e che essi non tendono manifestamente verso una più elevata organizzazione. Benchè quasi tutte le forme viventi che ànno prototipi nelle formazioni primitive differiscano da questi prototipi specialmente, e nella maggior parte dei casi genericamente, pure le peculiarità ordinali sono, in numerosi casi, mantenute da i primissimi tempi di cui si à memoria geologicamente, fino al tempo nostro; e non abbiamo alcuna prova visibile di superiorità ne i generi esistenti di questi ordini. Nel suo discorso « Su i tipi persistenti della Vita Animale », il Prof. Huxley enumerò molti casi. Sull'autorità del Dr. Hooker egli affermò « che ci sono piante Carbonifere le quali sembrano essere identiche genericamente ad alcune ora viventi: che il cono dell'*Araucaria* Oolitica è a mala pena distinguibile da quello di una specie esistente; che un vero *Pinus* appare nei *Purbecks* e un *Juglans* nel carbone ». Tra gli animali egli ricordò coralli paleozoici e mesozoici che sono molto simili a certi coralli esistenti; generi di molluschi siluriani che corrispondono a i generi esistenti; insetti e aracnidi nelle formazioni carbonifere che non sono più che genericamente distinti da alcuni dei nostri insetti e aracnidi. Egli citò « il *Pleuracanthus* Devoniano e Carbonifero, che non differisce dai pescicani esistenti più che questi non differiscano l'uno dall'altro »; antichi rettili mesozoici « identici nei caratteri essenziali della loro organizzazione a quelli ora viventi »; e Mammiferi triassici che non differiscono « quasi tanto da alcuni di quelli che ora vivono, quanto questi differiscono l'uno dall'altro ». Continuando l'argomento nel suo « Discorso anniversario alla Società Geologica » nel 1862, il Prof. Huxley citò molti casi in cui i cambiamenti che ànno avuto luogo, non sono cambiamenti verso una organizzazione più specializzata o più alta — domandando « in qual senso la Chelonia Liassica è inferiore a quelle che ora esistono? Come sono gl'Ittiosauri, i Plesiosauri o i Pterosauri Cretacei, specie meno embrionali o più differenziate di quelle del Lias? ». Mentre, tuttavia, sosteneva che nella maggior parte dei casi « le prove positive non riescono a dimostrare alcuna sorta di modificazione progressiva verso un tipo meno embrionale o meno generalizzato in un grande numero di gruppi di animali che ebbero una lunga esistenza geologica », il Prof. Huxley aggiungeva che ci sono altri gruppi, « coesistenti con essi nelle stesse condizioni, in cui sembra che si possono rintracciare indicazioni più o meno distinte di un tal processo ». E per illustrare ciò, egli ricordava quel migliore sviluppo delle vertebre che caratterizza alcuni dei più moderni pesci e rettili, quando si confrontino

con i pesci e rettili antichi de gli stessi ordini; e la « regolarità ed eguaglianza della dentatura dell'*Anoplotherium* quando sia posta a contrasto con quella dell'*Artiodactyles* esistente » (1).

I fatti così riassunti non mostrano che forme più elevate non siano sorte nel corso del tempo geologico, più che i fatti comunemente citati non provino che forme più elevate sono sorte; nè il Prof. Huxley li considera come se ciò mostrassero. Se quelli che sono sopravvissuti dalle epoche paleozoica e mesozoica fino all'epoca nostra, fossero gli unici tipi; e se le modificazioni, raramente di un valore più che generico, che questi tipi ànno subìto, non dessero prove di accresciuta complessità migliori di quelle che sono effettivamente date da essi; allora si potrebbe inferire che non vi è stato alcun avanzamento apprezzabile. Ma esistono ora, e sono esistiti durante le più recenti epoche geologiche, vari tipi della cui esistenza non si à notizia in epoche anteriori — alcuni di essi ampiamente dissimili da questi tipi persistenti e alcuni strettamente affini ad essi. Per ora, nulla noi sappiamo intorno alle origini di questi nuovi tipi. Ma è possibile che cause simili a quelle che ànno prodotto differenze generiche ne i tipi persistenti abbiano, in alcuni o molti casi, prodotto modificazioni grandi abbastanza da costituire differenze ordinali. Se si ritiene che i contrasti di struttura non eccedenti certi limiti moderati segnino soltanto distinzioni generiche; e se gli organismi che manifestano maggiori contrasti son considerati come ordinalmente o tipicamente distinti; è ovvio che la persistenza di un dato tipo attraverso un lungo periodo geologico senza ch'esso vada apparentemente soggetto a deviazioni di un valore più che generico, in nessun modo esclude il verificarsi di deviazioni ben più grandi in altri casi; poichè le forme risultanti da tali più grandi deviazioni, essendo considerate come forme tipicamente distinte, non saranno prese come indizio di grande cambiamento in un tipo originario. Ciò che prova l'argomento del Prof. Huxley, e ciò ch'egli considera soltanto ch'esso provi, è che gli organismi non ànno tendenze innate ad assumere forme più alte; e che « qualsiasi ipo-

(1) Da quando fu scritto questo passo, nel 1863, sono venute alla luce prove molto più notevoli del cambiamento da un tipo più generalizzato durante il periodo geologico. In una conferenza da lui tenuta nel 1876, il Prof. Huxley diede una descrizione delle modificazioni successive della struttura scheletrica in animali affini al cavallo. Cominciando coll'*Orohippus* della formazione dell'Eocene, che aveva quattro dita complete su ciascun membro anteriore e tre dita su ciascun membro posteriore, egli indicò i gradi successivi per cui nel *Mesohippus*, nel *Miohippus*, nel *Protohippus*, e nel *Pliohippus*, ci fu un'approssimazione graduale al cavallo esistente.

tesi ammissibile di modificazione progressiva dev'essere compatibile con una persistenza senza progresso attraverso periodi indefiniti ».

Si deve aggiungere un fatto molto significativo concernente la relazione tra la distribuzione nel Tempo e la distribuzione nello Spazio. Io lo cito dal Darwin: — « Il Sig. Clift molti anni or sono dimostrò che i mammiferi fossili delle caverne Australiane erano strettamente affini ai marsupiali viventi di quel continente. Nell'America meridionale un rapporto simile è manifesto, anche per un occhio non educato, nei pezzi giganteschi di corazza simili a quelli dell'armadillo, trovati in parecchie parti de La Plata; e il Professore Owen à dimostrato nel modo più sorprendente che i mammiferi fossili, ivi sepolti in sì grande quantità, sono per la maggior parte in rapporto con i tipi dell'America meridionale. Questo rapporto si vede ancor più chiaramente nella meravigliosa collezione di ossa fossili fatta dai signori Lund e Clausen nelle caverne del Brasile. Questi fatti mi colpirono tanto che io insistei fortemente, nel 1839 e nel 1845, su questa « legge della successione dei tipi », — su « questo meraviglioso rapporto nello stesso continente tra i morti e i vivi ». Il Prof. Owen à in sèguito esteso la medesima generalizzazione ai mammiferi del Vecchio Mondo. Vediamo la stessa legge nelle restaurazioni che quest'autore à fatto dei giganteschi uccelli estinti della Nuova Zelanda. La vediamo altresì ne gli uccelli delle caverne del Brasile. Il Sig. Woodward à dimostrato che la stessa legge vale per le conchiglie marine, ma per l'ampia distribuzione della maggior parte dei generi di molluschi, essa non è bene manifestata da questi abitanti del mare. Altri casi si potrebbero aggiungere, come la relazione tra le conchiglie terrestri estinte e viventi di Madera, e tra le conchiglie d'acqua salmastra estinte e viventi del mare Aralo-Caspiano ».

I risultati generali, dunque, sono questi. La nostra conoscenza della distribuzione nel Tempo, essendo derivata interamente dalle prove offerte dai fossili, si limita a quel tempo geologico di cui rimangono alcuni ricordi — non può estendersi a quei tempi più remoti i cui ricordi sono stati obliterati. Da questi ricordi rimanenti, i quali probabilmente non formano che una piccola frazione del tutto, i fatti generali deducibili sono questi: — Che quei tipi organici che sono vissuti attraverso epoche successive, ànno quasi universalmente subìto modificazioni di valore specifico e di valore generico — modificazioni le quali sono state comunemente tanto più grandi quanto più lungo il periodo. Che oltre i tipi che ànno persistito da epoche antiche fino all'epoca nostra, altri tipi ànno di tempo in tempo fatto la loro apparizione nella serie ascendente de gli strati —

tipi di cui alcuni sono più bassi e alcuni più alti di quelli di cui esistono precedentemente tracce; ma donde vennero questi nuovi tipi, e se taluni di essi sorsero per divergenza da i tipi precedenti, le prove non ci pongono ancora in grado di dire. Che nel corso di lunghe epoche geologiche quasi tutte le specie, la maggior parte dei generi, e alcuni ordini, sono divenuti estinti; e che una specie, un genere, o un ordine, che è scomparso una volta dalla Terra, non ricompare mai. E, da ultimo, che la Fauna la quale occùpa ora ciascun'area separata della superficie terrestre è assai strettamente affine alla Fauna che esisteva su quell'area durante tempi geologici recenti.

§ **108.** Omettendo parecchie generalizzazioni minori, l'esposizione delle quali richiederebbe troppi particolari, che cosa deve dirsi di queste generalizzazioni maggiori?

Non si può dire che la distribuzione nello Spazio implichi che gli organismi siano stati designati per le località particolari da essi abitate e posti in esse; poichè, oltre alla località in cui si trova ciascuna specie di organismo, ci sono comunemente altre località, altrettanto buone o migliori per essa, da cui è assente — località alle quali essa è tanto meglio adatta de gli organismi che ora le occupano, che essa caccia via questi organismi quando se ne offre a lei la opportunità. Nè possiamo supporre che lo scopo sia stato di stabilire varietà di Flore e di Faune; poichè, se così è, perchè sono le Flore e le Faune solo poco divergenti in aree ampiamente divise tra cui la migrazione è possibile, mentre esse sono spiccatamente divergenti in aree vicine tra cui la migrazione è impossibile?

Passando alle distribuzioni nel Tempo, sorgono le questioni — perchè durante quasi tutto quel vasto periodo di cui si à geologicamente memorìa, non è esistita alcuna di quelle più alte forme organiche che ànno ora occupato la Terra? — com'è che non troviamo tracce di un essere dotato di ampie capacità per la conoscenza e la felicità? La risposta che la Terra non era, in tempi remoti, un'abitazione adatta per un tale essere, oltre a non essere giustificata dai fatti, suggerisce la questione egualmente astrusa — perchè durante innumerevoli milioni di anni la Terra rimase soltanto adatta per esseri inferiori? Ancora, qual è il significato della estinzione dei tipi? Concludere che il tipo sauriano fu sostituito da altri tipi al principio del periodo terziario, perchè non era adatto alle condizioni che allora sorsero, è concludere ch'esso non poteva

essere modificato in modo da adattarsi alle condizioni; e questa conclusione contrasta con l'ipotesi che l'abilità creatrice si dimostri nei multiformi adattamenti di un tipo a molti fini.

La teoria dell'evoluzione, applicata ai fenomeni della Vita, mostra quali interpretazioni si possono razionalmente dare di questi e di altri fatti generali della distribuzione nello Spazio e nel Tempo.

FINE.